This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

QC178
I84
1889

P18-165

STANFORD
LIBRARIES

ÜBER DIE FERNKRAFT

UND DAS

DURCH PAUL DU BOIS-REYMOND AUFGESTELLTE

DRITTE IGNORABIMUS.

VON

C. ISENKRAHE.

LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.
1889.

Das Folgende ist die erweiterte Ausführung eines vom Verfasser am 28. November 1888 in der „Philosophischen Gesellschaft“ zu Bonn gehaltenen Vortrags. Unter Beibehaltung der Form fortlaufender Rede wurde von der Gliederung des Inhaltes in einzelne Kapitel abgesehen, dafür aber zur Erleichterung der Übersicht über die Gruppirung des Stoffes eine ausführliche Disposition vorangeschickt.

Disposition.

I.

a. Durch die Untersuchungen von Prof. Hertz über Strahlen elektrischer Kraft ist die Frage nach dem Wesen der Elektrizität in ein neues Stadium gebracht worden. Auf der Liste der Fernkräfte blieb seitdem neben den problematischen Ursachen der Molekularwirkungen nur noch die Gravitation übrig. Dieses letztere Problem ebenfalls in ein neues Stadium zu bringen, hat Paul du Bois-Reymond unternommen. § 1. S. 7.

b. Entwickelung des Problems bis auf Paul du Bois-Reymond. Mancherlei Versuche einer mechanischen Lösung desselben. § 2. S. 8.

c. Paul du Bois-Reymond erbietet sich zum Beweise der Unmöglichkeit solcher Lösungen. Vorläufige Charakteristik dieses Beweises. Derselbe soll alle erdenkbaren Konstruktionsmethoden prüfen und zurückweisen. § 3. S. 11.

II.

a. Prüfung der Ätherstosstheorie.

1. Darlegung der ihr zu Grunde liegenden Anschauung über die Konstitution des Äthers. Bezeichnung der drei Punkte, auf welche es bei Deduktion der Gravitationserscheinungen ankommt. § 4. S. 12.
2. Paul du Bois-Reymond's Angriff auf den ersten Punkt. Entgegnung. § 5. S. 15.
3. Der zweite Punkt wird nicht angegriffen. Angriff auf den dritten Punkt mit Hülfe eines unendlich langen Massenkegels. Entgegnung. § 6. S. 19.

4. Angriff auf den dritten Punkt durch Ableitung eines Gesetzes, welches von dem Newton'schen abweicht.
   α. Entgegnung auf diesen Angriff unter vorläufiger Annahme der Richtigkeit des betreffenden Gesetzes. Die drei Aber-Sätze Paul du Bois-Reymond's. Prof. Rysaneck's Ableitung desselben Gesetzes. § 7. S. 24.
   β. Entgegnung auf Grund von Bedenken gegen die Voraussetzungen, welche bei Ableitung dieses Gesetzes gemacht worden sind. Der dritte Aber-Satz noch einmal insbesondere. § 8. S. 29.
5. Angriff gegen die Stosstheorie auf Grund der muthmasslichen Differenzschwankungen unendlich grosser Stosseffekte. Entgegnung. § 9. S. 36.
6. Angriff gegen die Stosstheorie auf Grund der Unvorstellbarkeit vollkommen starrer Gebilde. Entgegnung. § 10. S. 38.

b. Prüfung der Zug- und Drucktheorien. Entgegnung auf Paul du Bois-Reymond's Bemerkungen. § 11. S. 44.

c. Prüfung der Wellen- und Rotationstheorien. Entgegnung auf Paul du Bois-Reymond's Bemerkungen. § 12. S. 46.

d. Abschluss der Kritik des Paul du Bois-Reymond'schen Beweises. Darlegung eines Grundes, weshalb ein Beweis von der beabsichtigten Tragweite überhaupt nicht gelingen kann. § 13. S. 47.

III.

Über die von Paul du Bois-Reymond als Ersatz für die mechanische Konstruktion der Gravitationserscheinungen dargebotene Anschauung.

a. Dieselbe ist nicht neu und schon mehrfach angegriffen. §. 14. S. 49.

b. Ihr Verhältniss zu derjenigen Anschauung, welche nach Paul du Bois-Reymond's Meinung in der heutigen Physik die herrschende ist. § 15. S. 51.

c. Ihr Verhältniss zu den Anschauungen Zöllner's. § 16. S. 58.

d. Ihr Verhältniss zu „Newton's letzter Anschauung". § 17. S. 60.

Über die Fernkraft und das durch Paul du Bois-Reymond aufgestellte dritte Ignorabimus.

1. In weiten Kreisen haben die während der letzten drei Jahre veröffentlichten Experimental-Untersuchungen von Prof. Hertz Aufsehen erregt, weil sie neue, schwerwiegende Gründe beibringen für die Ansicht, dass die elektrischen Erscheinungen auf einer Ursache beruhen, welche weder momentan noch unvermittelt, sondern mit messbarer Geschwindigkeit und mit Benutzung von verschiedenen, in verschiedener Weise dienenden Medien ihre scheinbaren Fernwirkungen hervorbringen. In der That lassen die Beweise von der Periodizität dieser Wirkungen, von der Möglichkeit, ihre Ausbreitung durch Reflexion und Refraktion aus der geraden Linie wegzulenken, sie an gewissen Punkten zu sammeln, sie durch passende Vorrichtungen zu absorbiren u. s. w. keine Luft mehr übrig für den Glauben an eine wirkliche *actio in distans* auf diesem Gebiete. Ist dem so, dann bleiben auf der Liste der physikalischen Fernkräfte nur noch zwei Nummern übrig, einerseits die in periodischem Wechsel ebenso heftig angegriffene, wie enthusiastisch gepriesene Newton'sche Gravitation — von welcher wenigstens das Gesetz feststeht — andererseits die dunkeln, vielgestaltigen Molekularkräfte, deren Gesammtheit keinem bisher bekannten Gesetze gehorcht.

Nun ist aber auch bezüglich der Gravitation vor kurzem, und zwar von Prof. Paul du Bois-Reymond, der Versuch gemacht worden, neues Licht auf die Sache zu werfen und

das alte, spröde Problem dadurch in ein wesentlich neues Stadium zu bringen.

Zuerst in einer vor der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin im vorigen Jahre gehaltenen Rede, dann in einer Veröffentlichung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau"[1] brachte Herr Paul du Bois-Reymond diesen Versuch zur öffentlichen Kenntniss.

Wenn ich Anlass nehme, denselben im Folgenden eingehender zu besprechen, so geschieht es, abgesehn von der dem Gegenstande an sich schon beiwohnenden grossen physikalischen und philosophischen Bedeutung, auch mit einem gewissen persönlichen Rechte. Denn unter all den zahlreichen in letzter Zeit über die Gravitation erschienenen Schriften hat Paul du Bois-Reymond nur eine von den meinigen ausdrücklich citirt, hat dabei freundlicherweise das „entschiedene Interesse", womit er dieselbe gelesen, erwähnt, aber auch die Bemerkung angefügt, dass er mit manchem meiner „Urtheile" und mit meinen „Hauptergebnissen" nicht übereinstimme.

Ich kann nicht hier schon darauf eingehen, die Gründe dieser Nichtübereinstimmung — insoweit sie aus dem veröffentlichten Texte zu entnehmen waren — nun auch meinerseits zu beleuchten, aber ich hoffe, in den folgenden Erörterungen hinlängliches Material zu bieten, um über die Grundlage der angefochtenen „Hauptergebnisse" und über die Beweiskraft der du Bois-Reymond'schen Schlüsse ein klares Urtheil zu ermöglichen.

Diese letzteren in ihrer eigentlichen Bedeutung und Tragweite genau darzulegen, wird aber kaum angehn, ohne wenigstens eine kurze Übersicht über den Weg vorauszuschicken, welchen die Entwickelung der Gravitationsfrage bis dahin zurückgelegt hatte.

2. Als Newton in den Kreis der physikalischen und kosmischen Bewegungsursachen seine Gravitation einführte,

1) III. Jahrgang Nr. 14.

schien der damit gethane Schritt sehr vielen seiner Zeitgenossen eher ein Rück- als ein Fortschritt zu sein. Dies rührte am meisten von jener tiefen Verachtung her, mit welcher man namentlich seit Descartes auf die sogenannten „natürlichen Eigenschaften“ der Körper herabzusehen sich gewöhnt hatte.

Wenn ehedem Erscheinungen, wie etwa dass der eine Körper steigt, der andere fällt, der dritte kreist, einfach als „natürlich“ erklärt, und damit alle weiteren Forschungen kurzerhand abgewiesen wurden, so hatte man doch damals schon begriffen, dass durch ein solches Verfahren die ganze Mechanik zu ewiger Stagnation verurtheilt sein würde.

Und es war ja auch so schön, wie die Cartesianische Physik mit dem ganzen Wust jener „natürlichen Eigenschaften“ aufgeräumt, nur zwei derselben, nämlich Ausdehnung und Trägheit, übrig gelassen, und dennoch alle möglichen Kraftwirkungen auf die anschaulichste Art aus diesen beiden zu deduciren wusste.

Da trat Newton auf und legte, wie es schien, der Materie wiederum eine „natürliche Eigenschaft“ bei, welche die alten, glücklich über Bord geworfenen, an Wunderlichkeit, Unglaubwürdigkeit und Unanschaulichkeit womöglich noch übertraf. Die Sonne sollte ohne Vermittelung noch Handhabe auf eine Entfernung von vielen Millionen Meilen die Erde an sich ziehen. Jedes noch so kleine Körperchen, lebend oder todt, sollte wie ein beseeltes Wesen zu jedem andern hinstreben, und zwar beim Fehlen etwaiger Hindernisse auch mit dem Erfolg einer thatsächlichen Annäherung!

Diese Bewegungsursache erschien den Cartesianern als eine *qualitas occulta* von unverkennbar peripatetischem Gepräge, und mit aller Entschiedenheit glaubten sie sich gegen diesen Rückfall in alte überwundene Irrthümer verwahren zu müssen. Huygens namentlich und einige Zeit später Leonard Euler hoben dies scharf hervor, und letzterer stellte die Theorie Newton's allen Ernstes neben jene Erklärungsversuche der „alten Philosophen“, wo sie z. B. sagten: das Opium

besitze eine *qualitas occulta*, welche es fähig mache, den Schlaf zu erregen, und damit der Sache bis auf den letzten Grund gekommen zu sein glaubten.

Ich will mich nicht dabei aufhalten, über diesen Streit, bei welchem zur Zeit sogar nationale Eifersüchteleien ins Spiel kamen, ausführlicher zu reden, will auch die schwankende Haltung Newton's, auf die ich doch später noch einmal zurückkommen muss, hier übergehen und nur erwähnen, dass von jener Zeit ab bis auf den heutigen Tag die Versuche nicht aufgehört haben, diese mit dem Namen der Fernkraft, Attraktion, Gravitation u. s. w. bezeichnete *qualitas occulta* zu beseitigen, oder, wie Paul du Bois-Reymond sich ausdrückt, sie „mit Hülfe uns durchaus befriedigender oder doch uns vertrauterer Mechanismen zu konstruiren". Immer ging das Streben dahin, die *actio in distans* durch etwas zu ersetzen, was man *vis a tergo* genannt hat. Dieses Letztere war dabei von sehr verschiedener Art; es trat als Zug oder Druck oder Stoss, als Rotationsbewegung oder als wellenförmige Bewegung fester, flüssiger oder luftförmiger Substanzen auf.

Das Gesammtresultat all dieser Bemühungen lässt sich auf folgende Weise sehr kurz und einfach darlegen:

Zwei Hauptgesetze sind es, deren Deduktion die Gravitationserklärer als ihre Aufgabe vor sich sehen: erstens das Gesetz, dass die gegenseitige Einwirkung zweier gravitirenden Körper proportional ist dem reciproken Quadrat des Abstandes, zweitens das Gesetz, dass die Einwirkung unabhängig ist von dem Vorhandensein und der Lage irgend welcher anderen Körper, selbst wenn diese letzteren sich genau zwischen den beiden ersteren befinden. Dieses zweite Gesetz kann auch in anderer Weise ausgesprochen werden, z. B. in der Form: die Gravitationswirkung ist proportional dem Massenprodukt, oder: alle Körper sind für die Gravitation vollkommen permeabel, oder: die Materie ist vollkommen „diabar" u. s. w.

Das erste Gesetz über den Einfluss der Entfernung hat die Gravitation mit anderen physikalischen Kräften gemein, das zweite Gesetz, soviel man weiss, mit keiner. Das erste

Gesetz durch eine mechanische Konstruktion zu begründen ist sehr leicht und auf mancherlei Weise erreicht worden; das zweite Gesetz in seiner vollen Schärfe abzuleiten ist bisher noch Keinem gelungen. Es sind vielmehr in dieser Beziehung nur Annäherungen erzielt worden, über deren Werth man verschiedener Meinung sein kann.

3. So also lag die Frage, als Paul du Bois-Reymond sie aufgriff und, wie vorhin erwähnt, den Versuch machte, sie in ein wesentlich neues Stadium zu fördern. Er selbst äussert sich über die Bedeutung dieses Fortschritts folgendermassen[1]):

„Bei dergleichen Grundproblemen, namentlich solchen, die, auf ihre letzten Elemente zurückgeführt, wirklich nicht zusammengesetzter[2]) Natur sind, geht man schwerlich fehl, wenn man die Frage aufwirft, ob ihre Ungelöstheit nicht auf Unlösbarkeit beruhe. In der Mathematik z. B. gelang die Auflösung der Gleichungen sehr früh bis zum vierten Grade. Der fünfte Grad wollte keinem ... Mathematiker ... sich beugen, bis Abel erkannte, dass der Grund davon in dem Unvermögen algebraischer Ausdrücke liegt, die Eigenschaften darzustellen, welche einer Wurzel einer Gleichung fünften Grades im Allgemeinen zukommen mussten. So wurde die transcendente Natur des ... Problems der Quadratur des Kreises durch Herrn Lindemann's scharfsinnige Benutzung Hermite'scher Resultate gezeigt. So wurde die Verwirklichung des ... Traums eines *Perpetuum mobile* ... durch die

---

1) Naturw. Rundschau III. Nr. 14. S. 11.

2) Ist das nicht eine blosse Tautologie? Hat man die „letzten Elemente" in der Hand, sei es eines chemischen Stoffes, sei es eines Problems, so können diese ja *per hypothesin* nicht mehr „zusammengesetzter Natur" sein. Übrigens aber fehlt jeder Beweis dafür, dass das Gravitationsproblem „wirklich nicht zusammengesetzter Natur" sei, und diesen Beweis zu erbringen dürfte auch wohl recht schwer fallen, namentlich deshalb, weil im Newton'schen Gesetz die Masse eine wesentliche Rolle spielt.

allgemeinen Principien Daniel Bernouilli's ... als unmöglich erwiesen."

Einen solchen Unmöglichkeitsbeweis kündigt nun Paul du Bois-Reymond bezüglich der Konstruktion der Fernkraft an und vindizirt demselben hinreichende Kraft und Bündigkeit, um „zweifellos" ein neues „Ignorabimus" zu motiviren, „ein drittes, wie er S. 13 ausdrücklich sagt, zu den berühmten beiden Ignorabimus in meines Bruders Grenzen des Naturerkennens".

Niemand wird leugnen, dass ein solcher Beweis, wenn er stringent ist, für Physik und Philosophie eine Errungenschaft von grossem Werthe darstellen würde, und die Kenntnissnahme und Prüfung desselben erscheint daher als eine Sache von hohem wissenschaftlichen Interesse. —

Zur Orientirung schickt Paul du Bois-Reymond seinem Beweise eine allgemeine Charakteristik voraus, welche lautet[1]): „Ein Beweis für die Unbegreiflichkeit der Fernkraft lässt sich nicht, wie der einer mathematischen Behauptung erbringen. Der Natur unserer Behauptung nach ist ein Beweis für sie nur kasuistisch zu führen, und zwar, wie es genannt wird, *per exclusionem*, d. h. man muss die Gedankenfolgen, durch die man vernünftiger Weise zur mechanischen Konstruktion der Fernkraft zu gelangen versuchen oder auch nur hoffen könnte, ordnen und einer genauen Prüfung unterziehen. Wenn die Möglichkeit, auf diesen Wegen das Ziel zu erreichen, ausgeschlossen ist, so ist es überhaupt unerreichbar."

4. Als mechanische Hülfsmittel, durch welche man bis auf Paul du Bois-Reymond die Gravitation zu „konstruiren" versucht und gehofft hat, wurden vorhin schon genannt: Zug, Druck, Stoss, Rotations- und Wellenbewegung fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Unter diesen will ich den Stoss zunächst ins Auge fassen, einerseits weil er mich, da ich an

1) l. c. S. 15.

den diesbezüglichen Versuchen wesentlich mitschuldig bin[1]), am nächsten angeht, andererseits, weil auch Paul du Bois-Reymond ihm unter allen bei weitem die meiste Beachtung schenkt. —

Gestützt auf die Thatsachen, erstens dass wir Sonne, Mond und Sterne sehen, zweitens dass die Lichterscheinungen bisheran durch wellenförmige Bewegungen irgend eines Mediums am befriedigendsten haben erklärt werden können, macht die Optik bekanntlich die Annahme, dass im Weltraume ein Medium vorhanden sei. Von dieser Hypothese geht auch die zur Erklärung der Gravitation erfundene „Stosstheorie" aus, fügt aber noch die besondere Annahme hinzu, das hierbei ins Spiel kommende Medium, der sogenannte Gravitations-Äther, sei ein Gas[2]).

Nach der herrschenden Ansicht über die Konstitution der Gase oder luftförmigen Körper besagt diese zweite Hypothese weiter nichts, als dass jener Äther aus kleinen Körperchen bestehe, die in ausserordentlich grosser Zahl und mit ausserordentlich grosser Geschwindigkeit nach allen möglichen Richtungen durch den Raum fliegen. Genau so hat man ja auch das, was schlechtweg eine „ruhige Luft"[3]) heisst, nach

---

1) Vgl. meine Schrift: „Das Räthsel von der Schwerkraft". Braunschweig 1878.

2) In der Huygens'schen Stosstheorie ist allerdings noch eine dritte Hypothese zwar nicht ausdrücklich aufgestellt, aber *implicite* mitbenutzt worden. Allein diese ganze Theorie ist, insoweit sie auf der dritten Annahme beruht, auf Grund triftiger Argumente als völlig beseitigt zu betrachten. Vgl. Räthsel der Schwerkraft Cap. 8 und Paul du Bois-Reymond S. 21.

3) Bei bewegter Luft, Wind, Sturm etc. sind gewisse Bewegungsrichtungen vor den anderen mehr oder weniger vorherrschend. Würden einmal alle Lufttheilchen in nahezu gleicher Richtung sich vorwärts bewegen, so würde dies einen Orkan vorstellen von einer Stärke, wie sie auch nicht annähernd jemals beobachtet worden ist, nämlich von beinahe 500 Meter Geschwindigkeit per Sekunde. Nach Overbeck beträgt die Geschwindigkeit des stärksten Cyclons nur 116 Meter.

Krönig-Clausius-Maxwell sich vorzustellen und thut es bekanntlich in der heutigen Physik durchweg. Demgemäss unterschiede sich der Äther von unserer Erdenluft — da der Stoff der betreffenden Projektile ganz ausser Betracht bleibt — blos durch deren Kleinheit, Häufigkeit und Geschwindigkeit.

Denken wir uns in dem allseitigen Hagel von Ätheratomen zwei grössere Körper einander gegenüberstehen, so können wir bei ihnen die abgewandten oder Aussenseiten und die zugewandten oder Innenseiten unterscheiden. Ist es nun auf irgend eine Weise glaubhaft zu machen, dass der Stosseffekt auf den Innenseiten geringer ist als auf den Aussenseiten, so ergibt sich offenbar, dass die Körper dem letzteren nachgeben, also einander näher kommen müssen. Die Differenz der Stosseffekte, oder, was dasselbe besagt, der Überdruck von aussen stellt dann eine mechanische Ursache dar, deren Wirkung mit der Wirkung der Newton'schen Attraktion gleichgerichtet sein würde. Die *actio in distans* wäre durch eine *vis a tergo* ersetzt. —

Nun sieht man leicht, worauf bei dieser Theorie alles ankommt.

Zunächst muss offenbar ein plausibler Grund vorgebracht werden, warum der Stosseffekt auf den Innenseiten geringer ist, als auf den beiden Aussenseiten. Der gegenseitige Schutz, die gegenseitige „Beschattung" muss mechanisch motivirt werden.

Dann aber ist ferner darzuthun, dass die durch die Differenz der Stosseffekte verursachte Pseudo-Attraktion den beiden früher erwähnten Newton'schen Gesetzen gehorcht.

In der That sind diese drei Ziele auf mancherlei von einander verschiedenen Wegen erstrebt worden[1]), und wenn Jemand die Unmöglichkeit einer Konstruktion der Gravitation durch die Stosstheorie nachweisen will, so muss er darthun, dass mindestens eines derselben unerreichbar sei.

---

1) Vgl. Räthsel von der Schwerkraft, Cap. 6 bis 10.

5. Bezüglich des ersten Punktes nun gibt Paul du Bois-Reymond zu, dass der Stosseffekt auf den Innenseiten „nothwendigerweise“ geringer als auf den Aussenseiten sein muss, wenn die Oberfläche der gravitirenden Körper unelastisch oder auch nur unvollkommen elastisch ist[1]). Legt man also die Gesetze des nicht vollkommen elastischen Stosses zu Grunde, so ist das erste Ziel sofort erreicht. Allein Herr Paul du Bois-Reymond wendet ein, dass man in diesem Falle entweder einen beständigen Verlust an lebendiger Kraft sich gefallen lassen müsse, oder voraussetzen, dass durch die Schwere „beständige molekulare Veränderungen in den Körpern vor sich gingen, die aber, trotzdem sie von Erschaffung der Welt an bis jetzt dauerten, die Körper nicht zerstört hätten, auch an so alten Gebilden, wie Bergkrystall und Diamant durch keine Spuren sich verriethen.“

Was nun speciell das „entweder“ angeht, so bemerkt Paul du Bois-Reymond blos, diese Annahme „gehe dem Physiker wider den Mann“.

Das ist für die Gegenwart zweifellos richtig, aber was ist damit bewiesen? — Wie viele Dinge sind im Entwickelungsgange physikalischer und kosmischer Erkenntniss dem Physiker nicht schon „wider den Mann gegangen“, und er hat sie schliesslich doch acceptiren müssen! Ich brauche hier nur an die Leidenschaft zu erinnern, mit welcher in vergangener Zeit angekämpft wurde gegen das Stillstehen der Sonne, gegen die Antipoden, gegen die Lehre vom Schwersein der Luft, die da aussagte, dass unser Körper unaufhörlich mit einem Druck von mehr als dreizehn Pfund auf jeden Quadratzoll seiner Oberfläche belastet sei u. s. w.

Und ging denn nicht, wie wir vorhin sahen, eben die fernwirkende Gravitation selber den alten Physikern sehr energisch „wider den Mann“?[2]) Ein solcher Umstand ent-

1) l. c. S. 22.

2) Der hier behandelte Einwand trifft speciell meine Gravitationstheorie, und soweit ich die Literatur übersehe, auch nur diese. Da ich denselben aber als einen naheliegenden und unausweichlichen

scheidet also noch nichts, weil er nicht beweist, dass die betreffende Zumuthung auch dem Manne wider die Vernunft geht. Daher hat der intendirte Unmöglichkeitsbeweis an dieser Stelle noch keine baufähige Unterlage gewonnen.

Fassen wir jetzt das obige „oder" ins Auge, so sagt Paul du Bois-Reymond, man müsse in diesem Falle voraussetzen, dass durch die Schwere „beständige" molekulare Veränderungen in den Körpern vor sich gingen, von Erschaffung der Welt an bis jetzt „dauernde". Die hätten aber denn doch wohl die Körper „zerstören", oder wenigstens an „so alten Gebilden, wie Bergkrystall und Diamant durch Spuren sich verrathen müssen".

Ich will nicht fragen, ob denn etwa irgendwo noch ein intakter Urdiamant existirt, mit welchem die übrigen verglichen worden sind behufs Konstatirung der Thatsache, dass seit Erschaffung der Diamanten bis heute keine „Spur" von Veränderung mit ihnen vorgegangen ist, aber ich möchte doch wohl wissen, warum wir denn gezwungen sein sollen zu

---

voraussah, habe ich schon gleich in der Vorrede meines Buches zu dieser Sache Stellung genommen und kann mich auf meine dort geltend gemachten Gründe immer noch berufen, weil Paul du Bois-Reymond's Bemerkung sie gar nicht anficht. Im Übrigen weiss ich wohl, dass Manche der Meinung sind, sie könnten das Gesetz von der Erhaltung der Kraft aus irgend welchen allgemeinen Denkgesetzen rein deduktiv ableiten, aber ich glaube, dass dabei das eigentliche Demonstrandum nicht scharf genug ins Auge gefasst wird. Natürlich ist hier der Ort nicht, irgendwie tiefer auf die Sache einzugehn, und nur im Vorübergehen will ich eben auf den bekannten Satz hinweisen, welcher in jenem Demonstrandum einen sehr wesentlichen Punkt bildet und aussagt, dass bei allen Kraftübertragungen der Tauschwerth der Energie eines Körpers, dessen Masse m, und dessen Geschwindigkeit c ist, proportional sei dem Produkt $m.c.c$, dass also die Masse nur einmal, die Geschwindigkeit aber zweimal als Faktor in Rechnung kommen müsse. Demgemäss steckt z. B. in 100 gleichen und gleich schnellen Flintenkugeln nicht mehr Energie, als in einer einzigen ebensolchen, die nur zehnmal so rasch fliegt. Hat nun schon Jemand gezeigt, wie das blos aus Denkgesetzen erschlossen werden könne?

der Annahme, dass die durch die Schwere absorbirte Energie gerade in molekulare Veränderungen umgewandelt werden, und besonders, warum die Veränderungen „beständige", „dauernde" sein müssen.

Bekanntlich gründen sich mehrere Gravitationstheorien auf die Annahme, dass beim Anprall der Ätheratome auf die Moleküle der gravitirenden Körper ein Theil von der lebendigen Kraft der ersteren umgesetzt werde in andere Energieformen, sei es in Wärme, sei es in elektrische oder optische Schwingungen, sei es in irgend etwas Sonstiges.

Lässt man einen kleinen Kiesel auf einen grossen Prellstein fallen, so geht sicherlich ein Theil lebendiger Kraft verloren. Dass diese in Form von Wärme, Schall, ja auch wohl von Licht auftreten könne, wird jeder Physiker geneigt sein zu glauben. Ob aber auch „beständige" und „dauernde" molekulare Veränderungen dabei vor sich gehen, mag ihm eher fraglich erscheinen. Wenn nun Paul du Bois-Reymond die ersteren Verwandlungsarten ganz ausser Betracht lässt und von der letzteren allein behauptet, wir müssten sie annehmen, so wäre hier die Beifügung von Gründen[1]) doch sehr erwünscht gewesen.

Nun aber gibt es zu den beiden behandelten Alternativen: Verlust an lebendiger Kraft ohne Ersatz und Verlust an lebendiger Kraft mit Ersatz durch andere Energieformen auch noch eine dritte, welche den Fall voraussetzt, dass der Zusammenstoss ein vollkommen elastischer sei, dass also die Ätheratome durch ihren Anprall an den gravitirenden Massen von ihrer lebendigen Kraft gar nichts verlören.

---

1) Herr Paul du Bois-Reymond spricht ausdrücklich von der Benutzung des „unelastischen oder nicht vollkommen elastischen Stosses. Aus diesem Zusatze schliesse ich, dass er hier als Grund für die „beständigen Veränderungen" nicht etwa das Zusammenbleiben der Körper nach dem Stosse ins Auge gefasst hat, denn dieses tritt bekanntlich nur dann ein, wenn der Stoss genau central und zugleich völlig unelastisch ist. Übrigens wird von diesen Stössen und ihren Folgen im Weiteren noch ausführlich die Rede sein.

Im elften Kapitel meines Buches habe ich die Konsequenzen dieser Annahme untersucht und gefunden, dass dieselbe für die Gravitation unfruchtbar sei. Ausserdem wies ich an einem bestimmten Beispiel, nämlich an der von Schramm aufgestellten Theorie (in welcher vollkommen elastische Stösse für die Gravitation verwendet werden) den Ort nach, wo der Fehler in die Rechnung hineingekommen ist.

Paul du Bois-Reymond aber scheint dem elastischen Stoss doch wenigstens noch die Möglichkeit eines Erfolges zuerkennen zu wollen. Er sagt zwar nicht, worauf diese beruhe, oder etwa, wo in meinem elften Kapitel ein Versehen stecke, sondern begnügt sich mit der kurzen Bemerkung, dass „mit dem vollkommen elastischen Stoss . . . vermuthlich die gewünschte Konstruktion überhaupt unmöglich" sei, fügt aber für den Fall, dass diese Konstruktion dennoch gelingen sollte, den Einwand hinzu, dann sei offenbar „der elastische Stoss selbst zu konstruiren", und dies „könne nur durch Fernkräfte gelingen".

Wenn diese Behauptung wahr ist, so würde allerdings eine auf diesem Wege gelungene Konstruktion der Schwere nichts weiter sein als die Zurückführung einer Fernkraft auf eine andere Fernkraft, aber warum sie wahr sei, das ist nicht beigefügt. Ich meinerseits gestehe offen, nicht zu wissen, warum die Elastizität nur durch Fernkräfte konstruirbar sei, und habe demgemäss meine Motive gegen die Anwendung der Elastizität als mechanischen Erklärungsgrundes für die Schwere auf ganz anderer Basis aufgebaut. —

Stellen wir nun in Bezug auf den in diesem Abschnitt behandelten Punkt die Schlussfrage: Ist von Paul du Bois-Reymond ein stringenter Beweis erbracht worden, dass es der Stosstheorie unmöglich sei, für die Existenz eines geringeren Stosseffektes auf den einander zugekehrten Seiten zweier gravitirender Körper plausible Gründe anzugeben oder noch aufzufinden? so glaube ich, dass die Antwort in verneinendem Sinne ausfallen muss. Ich sehe nicht ab, wie in den bis jetzt besprochenen Aufstellungen für sein

„Ignorabimus“ schon ein genügendes Fundament gelegt sein könnte.

6. Die zweite von den vorhin angeführten Aufgaben der Stosstheorie bestand in der Deduktion des Satzes, dass die gegenseitige Einwirkung der Massen abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Dass dies möglich sei, hat Paul du Bois-Reymond gar nicht in Abrede gestellt, dafür aber um so energischer an den dritten Punkt seine Hebel angelegt.

Kann die Stosstheorie darthun, dass die von einem Körper ausgeübte Attraktion seiner Masse proportional sei?

Gegen diese Möglichkeit führt Paul du Bois-Reymond zunächst eine mechanisch-mathematische Erwägung ins Feld, deren Rückgrat in einer Gleichung von der Form:

$$a \,.\, b = c - d$$

besteht. Zwar sieht diese bei Paul du Bois-Reymond so einfach nicht aus, allein wir brauchen uns auf die dort angewandte komplizirte Form nicht einzulassen, ebensowenig wie auf die Herleitung der Gleichung; denn die ganze Argumentation beruht einzig und allein auf dem Umstande, dass links ein Produkt und rechts eine Differenz steht. Ersteres ist der Gravitationseffekt, wie er zufolge des Newton'schen Gesetzes sich ergibt, letztere der Gravitationseffekt, wie er nach der Stosstheorie sich herausstellt, und das zwischen beiden stehende Gleichheitszeichen ist der mathematische Ausdruck für die von Paul du Bois-Reymond angefochtene Behauptung, dass ersterer durch letzteren ersetzbar sei.

Das Produkt der linken Seite enthält natürlich die Masse als Faktor in sich, allein durch passende Wahl der Form des anziehenden Körpers und des Punktes, auf welchen die Wirkung ausgeübt werden soll, lässt sich leicht erzielen, dass statt der Masse auf der linken Seite ein Ausdruck auftritt, welcher proportional ist einer eindimensionalen Raumgrösse, einer Strecke also.

Die von Paul du Bois-Reymond benutzte Körperform ist

die eines abgestumpften Kegels mit parallelen sphärisch gekrümmten Bodenflächen, der Zielpunkt der Anziehung ist der gemeinschaftliche Mittelpunkt dieser beiden Kugelflächenstücke, und als diejenige Strecke, welcher in diesem Falle die Gravitation proportional ist, tritt die Höhe des abgestumpften Kegels, oder, was dasselbe besagt, die Differenz der Kugelradien auf. Wir setzen daher in unserer obigen Gleichung statt b die Differenz $R - r$ ein und erhalten:

$$a(R - r) = c - d.$$

Nun wird die Grösse R auf der linken Seite der Gleichung in Bewegung gesetzt. Herr Paul du Bois-Reymond macht sie variabel und lässt sie allmählich anwachsen bis ins Unendliche. Hierdurch nimmt natürlich das auf der linken Seite stehende Produkt ebenfalls einen unendlich grossen Werth an. Weil diesem Produkte aber die auf der rechten Seite stehende Differenz gleich sein und natürlich unter allen Umständen auch gleich bleiben soll, so muss auch diese einen unendlich grossen Werth annehmen können. — Ist das aber möglich?

Setzen wir mit Paul du Bois-Reymond in den gemeinsamen Mittelpunkt der vorhin erwähnten beiden Kugelflächen oder in unmittelbare Nähe dieses Mittelpunktes als Objekt der von dem beschriebenen Kegelstumpf ausgeübten Attraktion ein kleines Körperchen hin, etwa auch wieder ein Kegelstümpfchen, so müssen wir an diesem letzteren zwei Seiten, eine abgewandte und eine zugewandte unterscheiden. Die Totalwirkung der auf die erstere während einer gewissen kleinen Zeit aufprallenden Ätheratome wird durch c, die entsprechende Wirkung auf der zugewandten Seite mit d bezeichnet.

Nun ist offenbar c eine Grösse, die bei wachsendem R nicht mit wächst, die überhaupt konstant und sogar davon unabhängig ist, ob der anziehende Kegelstumpf überhaupt existirt oder nicht.

Die Grösse d hingegen nimmt mit zunehmendem R immer

mehr ab, aus demselben Grunde, wie z. B. auch unter einem Laubdach die Beleuchtung immer mehr abnimmt, je mehr Zweige man oben drauf legt.

In Folge dieses stets abnehmenden Subtrahenden bei konstantem Minuenden wird allerdings die Differenz $c - d$ stets grösser und grösser; aber bis ins Unendliche wachsen kann sie offenbar nur unter der Voraussetzung, dass c von vornherein und unter allen Umständen an sich schon eine unendlich grosse Grösse sei. Weiter folgt dann durch eine kurze Überlegung, dass auch d unendlich gross angenommen werden muss, und nun konkludirt Paul du Bois-Reymond so: Die Stosstheorie ist also genöthigt, wenn sie etwas der Newton'schen Gravitation Äquivalentes hinstellen will, von vornherein mit „pure unendlichen Grössen" zu rechnen und muss dieselben von einander subtrahiren. Das kann aber nie und nimmer zu einem bestimmten Resultat führen. „Die Kraft bleibt völlig unbestimmt"; also ist die Stosstheorie als Ersatz der Attraktion unbrauchbar. —

Diese, wie es scheint, mathematisch unanfechtbare Schlussreihe erregte mir zunächst folgenden Gedanken:

Würde jemals in dem fast zweitausendjährigen Zeitraum von Aristoteles bis Galilei ein kühner Mann den Versuch gemacht haben, das Aufsteigen des Wassers in die Pumpenrohre nicht mehr durch den *horror vacui*, sondern durch den Luftdruck zu erklären, d. h. so, wie es heutzutage allgemein geschieht, so hätte man dem gegenüber genau nach dem Muster des eben dargelegten Paul du Bois-Reymond'schen Beweises auf leichte Art zeigen können, dass der Luftdruck als Ersatz des *horror vacui* ganz und gar untauglich sei. Man brauchte nur statt des Kegelstumpfes das Pumpenrohr in Gedanken allmählich zu verlängern bis ins Unendliche, so war die Sache sofort evident. Und bei all den Unzähligen, welche auf des Stagiriten „unbegrenztes Widerstreben der Natur"[1]) gegen das Vakuum gläubig vertrauten, hätte

1) Vgl. Rosenberger, Gesch. der Phys. II. 32.

dieser Beweis auch nicht eher aufgehört, völlig stringent zu erscheinen, als bis Galilei auftrat und mit seinen 18 Braccien ein ungefähres Maximum für jenen *horror* feststellte. —

Nun aber mag der Unterschied zwischen der Annahme eines unbegrenzten *horror vacui* und einer unbegrenzten Newton'schen Attraktion Manchem vielleicht so wesentlich dünken, dass er die erstere verwirft und zugleich die letztere für ganz vernünftig ansieht. Paul du Bois-Reymond sogar fügt, wo er von dem möglichen Einwande spricht, dass die Grösse *lt* etwa nur sehr, aber nicht unendlich gross angenommen werden dürfe, dass also vielleicht die Schwerkraft „über gewisse endliche Entfernungen hinaus erlöschen" könnte, das Gegenargument bei: „Misslich wäre es jedenfalls . . . so gewagte Voraussetzungen über eine Kraft zu machen, welche die unseren Beobachtungen zugänglichen Himmelsfernen beherrscht."[1])

Allein in diesem Gegenargument steckt ein Fehler, der sich leicht aufdecken lässt.

Ich denke hier nicht daran zu sagen, dass die beobachteten Himmelsfernen, also etwa die Strecke von der Erde bis zu irgend einem kleinem Nebelfleck, noch nicht gross genug sei, um mit unendlich Grossem vertauscht zu werden. Auch will ich nicht fragen, woher Paul du Bois-Reymond denn weiss, dass das Newton'sche Gesetz diese Fernen beherrscht. — In der That folgt ja aus dem Umstande, dass man gewisse an Doppelsternen beobachteten Erscheinungen mit Zuhülfenahme von Attraktion erklärt hat, noch keineswegs in aller Strenge, dass dasjenige Gesetz, welches früher unter dem Namen des zweiten Newton'schen ausgesprochen wurde, auch wirklich zwischen diesen Massen „herrsche". — Ich will ferner nicht davon reden, dass, wenn auch in Wirklichkeit zwischen dem Sirius und seinem dunklen Begleiter oder bei irgend einer andern kosmischen Gruppe das Gesetz als herrschend nachgewiesen wäre, dann doch entfernt noch nicht

1) l. c. p. 26 u. 27.

bewiesen sein würde, dass es auch von hier aus bis zum Sirius herrsche.

Allein angenommen, Herr Paul du Bois-Reymond könnte Thatsachen angeben, welche einen Einfluss etwa des Orionnebels auf unsere Erde oder gar auf einen Körper, der am Himmelsgewölbe ihm diametral gegenüber steht, unzweifelhaft nachwiesen, und überdies nachwiesen, dass dieser Einfluss dem Newton'schen Gesetz exakt gehorcht, dann würde auch das seinem Beweise noch nicht aufhelfen können, denn dieser setzt noch mehr voraus, als eine solche Bestätigung des Gesetzes.

In der früher erwähnten Differenz $R - r$ nämlich hat Paul du Bois-Reymond den Subtrahend r konstant, den Minuend R endlos wachsen lassen, aber zugleich die materielle Kontinuirlichkeit und die Dichtigkeit des Kegelstumpfs unverändert beibehalten. Das heisst, er hat von dem festen Abstande r an immer neue und grössere Scheiben gleichen Stoffes auf die alten gelegt, hat Masse auf Masse gehäuft und ist mit dieser konisch sich erweiternden Massenanhäufung bis zu den äussersten Himmelsfernen, von wo noch ein Sternchen sein Licht herabschickt, und noch darüber hinaus bis ins Unendliche unverzagt fortgeschritten. Das ist der eigentliche physikalische Sinn der einfachen mathematischen Substitution:

$$R - r = \infty.$$

Hätte Paul du Bois-Reymond in seinem Beweise weiter nichts gethan, als den attrahirenden Körper in die Ferne geschoben, wenn auch bis in unendliche, so würde trotz der Voraussetzung einer in dieser Beziehung unbeschränkten Geltung des Newton'schen Gesetzes die linke Seite seiner Gleichung niemals unendlich gross geworden sein. Was nützt es also, wenn in seinem oben citirten Gegenargumente die (mehr oder minder beglaubigte) Herrschaft der Gravitation bis in alle zugänglichen „Himmelsfernen“ betont wird? Ist das nicht ein Pflaster neben der Wunde? —

Herr Paul du Bois-Reymund hat seinen Baum bis in

den Himmel wachsen lassen; er hat einen soliden Massenkegel konstruirt, dessen etwas abgestumpfte Spitze hier irgendwo festliegt, und der sich von diesem Orte aus stets breiter und breiter werdend hindurchzieht durch das Weltall. Auf dieser Fiktion hat er seinen Beweis basirt. Wer nun sagt: dass auch für dieses Unendliche das Newton'sche Gesetz noch gültig sei, das nehme ich gläubig an, für den mag der Beweis triftig sein. Wer aber sagt: ich will es annehmen, sobald genügende Vernunft- oder Erfahrungsgründe hinzugefügt werden, für den ist das, was Paul du Bois-Reymond vorgetragen, noch nicht stringent.

Nun ist ja an die Beschaffung der eben bezeichneten Gründe wohl kaum zu denken, daher schiebt denn auch Paul du Bois-Reymond von dieser Stelle ab seinen Beweis in einem anderen Geleise weiter.

7. Wenn gezeigt werden könnte, dass auch bei einer endlich ausgedehnten Masse von der vorhin beschriebenen Form eines Kegelstumpfs die Stosstheorie nicht im Stande ist, die Proportionalität der Pseudo-Attraktion mit der Strecke $R - r$ darzuthun, so würde dies ein Argument sein, welches von dem vorhin beanstandeten Regress aufs Unendliche frei wäre. Auf dieses Ziel steuert jetzt Paul du Bois-Reymond hin und zwar mit Hülfe einer neuen Rechnung.

Indem wir diese selbst und die Voraussetzungen, auf welchen sie beruht, vorderhand ohne jede Bemerkung hinnehmen, wollen wir nur das Resultat derselben ins Auge fassen. Dies besteht in einer Gleichung[1]), welche, wie Paul du Bois-Reymond richtig hervorhebt, ein anderes Gesetz ausspricht, als das Newton'sche. Allein er setzt selber schon hinzu: „Denkt man sich (den Absorptionskoëfficienten) k, mithin auch K unendlich klein, $\mu' K$ aber endlich, so kommt allerdings $\lambda = \mu' K\ (R - r)$ heraus", und dieser Ausdruck entspricht dem Newton'schen Gesetze völlig.

1) $\lambda = \mu' [1 - e^{-K(R-r)}]$.

Ferner sagt er: „Unter jener Voraussetzung, dass k verschwindend klein ist, ergäbe sich auch, wie leicht einzusehen, die Einflusslosigkeit von Zwischenkörpern (zwischen dem anziehenden Körper) A und (dem angezogenen) a.“ Dies ist auch wieder das Newton'sche Gesetz!

Und etwas später setzt er noch hinzu: „Allerdings, theilt man den anziehenden Körper in kugelige Schichten mit dem angezogenen Punkt als Mittelpunkt, so ist die von jeder Schicht abgelenkte Theilchenmenge proportional dem Gesichtskegel, unter dem sie von dem Punkte aus erscheint, ähnlich wie die Anziehungen der Schwerkraft längs der Strahlen dieses Kegels, ihre Resultante kann ebenso gebildet werden, und die verschiedenen hinter einander gelegenen Schichten verhalten sich gegeneinander, als wären für jede die anderen nicht vorhanden — ganz wie bei der Schwerkraft (nach dem Newton'schen Gesetz).“

In diesen drei Sätzen liegt das offene Zugeständniss vor, dass die Ätherstosstheorie den Anforderungen des Newtonschen Gesetzes entspricht für den Fall, dass man den Absorptionskoëfficienten „unendlich klein“ oder „verschwindend klein“ annimmt. Allein nach der Tendenz der Paul du Bois-Reymond'schen Ausführungen war zu erwarten, dass hinterher ein kräftiges Aber käme, welches etwa den Gedanken brächte: Diese Annahme ist unmöglich, denn für die Kleinheit des Absorptionskoëfficienten muss die und die — mehr oder weniger bestimmte — Grenze eingehalten werden aus den und den Gründen.

In der That ist auch an jeden der drei citirten Sätze ein Widerpart angehängt, allein keiner von diesen letzteren bringt in der bezeichneten Richtung einen präzisen Einspruch. Der erste sagt aus, wenn k „nur sehr (aber nicht verschwindend) klein gedacht wird, so . . : kommt das obige ganz andere Gesetz zum Vorschein“. —

Freilich! das wusste man ja schon. Aber bei welchem negativen Exponenten von 10 hört denn eine Zahl auf „nur sehr klein“ zu sein und wird statt dessen „verschwindend“

oder gar „unendlich“ klein? — Und wo ist denn nun ein Grund, der den Ätherstosstheoretiker verhindern könnte, bezüglich des Absorptionskoëfficienten diese vorgebliche Gebietsgrenze zwischen dem „nur sehr“ und dem „verschwindend“ Kleinen nicht nach Belieben zu über- oder unterschreiten?

Der erste „Aber“-Satz bringt einen solchen Grund augenscheinlich nicht; thut es etwa der zweite?

Dieser lautet in ganzer Vollständigkeit also: „Doch fragt sich, was man damit erreicht hätte. Die nach einem Punkte hin konvergirenden Ätherstheilchen, welche einen Körper durchdringen, der den Punkt anziehen soll, lassen in dem Körper Ätherstheilchen zurück, deren Menge die Anziehung vorstellt. Sie ist im Verhältniss zu der den Körper durchdringenden Äthermenge so klein, dass ihr Ausfall bei einem zweiten etwa zwischen dem angezogenen Punkt und dem anziehenden Körper befindlichen Zwischenkörper gar nicht mehr zu spüren ist. Nun ich meine, dies ist nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache der Anziehung, der sie in Worte kleidet, die nur scheinbar eine Konstruktion enthalten, nur scheinbar eine Vorstellung erwecken, in Wahrheit aber ebenso dunkel sind.“

Ich gestehe, dass es mir nicht gelungen ist einzusehen, was Paul du Bois-Reymond mit diesem Gedanken an dieser Stelle will. Wenn überhaupt der Stoss zweier Körper ein mechanischer Vorgang ist, welcher bei ihm keine „Vorstellung erweckt“, wenn derselbe ihm „ebenso dunkel“ vorkommt, wie die unvermittelte *actio in distans*, dann ist das eine Abweichung von principieller Bedeutung, und ich kann den vorstehenden Einwand am Platze finden, wenn er da steht[1]), wo von der Stosstheorie im Allgemeinen die Rede ist.

Hier aber handelt es sich gar nicht darum, den Stosstheoretiker davon zu überzeugen, dass er in Betreff der Anschaulichkeit des mechanischen Vorganges, welchen man Stoss nennt, in einem principiellen Irrthum sich befinde, sondern der Beweis steht an dem Punkte, wo speciell gezeigt werden

1) Vgl. § 10.

soll, dass die Stosstheorie nicht im Stande ist, das Newton'sche Gesetz, soweit es die Massen angeht, aus sich heraus zu deduziren. Das ist der Nagel, und der Kopf desselben wäre das eben bezeichnete kleine *k*. Nicht einmal der Nagel, geschweige der Kopf wird von Paul du Bois-Reymond's Einrede getroffen.

Bezüglich der letzteren möchte ich aber noch folgende Bemerkungen anfügen.

Wenn überhaupt der Zusammenstoss zweier Körper ein vorstellbarer Vorgang ist, so sind *x* Zusammenstösse ebensoviele vorstellbare Vorgänge, ganz gleichgültig, ob *x* klein oder gross ist. Und wenn die Stösse sich im Innern der gravitirenden Materie zutragen, und wenn die stossenden Körper kleine Kügelchen sind, denen man die Namen Ätherheilchen und Atome beigelegt hat, so sehe ich nicht ab, wie der Stoss an sich dadurch etwa weniger vorstellbar würde, als wenn es sich um Billardballen oder Seeschiffe handelte.

Was ferner die „in den Körpern zurückgelassenen Ätherheilchen" betrifft, „deren Menge die Anziehung vorstellt", so scheint mir darin eine Ungenauigkeit zu liegen, von der nachher noch zu reden sein wird.

Und endlich, was soll man von den Worten: „nur ein anderer Ausdruck für die Thatsache der Anziehung" eigentlich halten? — Wenn Jemand statt des früheren Satzes: die Körper ziehen sich an, den neuen hinstellt: Nein, sie werden vom Äther gegeneinander gestossen, so ist das doch offenbar etwas wesentlich anderes, und nicht etwa „nur ein anderer Ausdruck" für dieselbe Sache. — Wie aber kommt die „Anziehung" zu dem Titel einer „Thatsache"? Soviel ich weiss, ist bei der Schwere nur die Annäherung eine Thatsache, die Anziehung aber nichts als eine Hypothese, welche zur Erklärung der ersteren aufgestellt worden ist. Hätte wirklich Jemand die Thatsächlichkeit der Anziehung ermittelt, so brauchte er nur kundzugeben, wie er das gemacht hat, dann wäre damit das alte „eherne Problem" definitiv gelöst, und es bedürfte weder unendlicher Massenkegel, noch

endlicher Absorptionskoëfficienten, um die Stosstheorie zu beseitigen. —

Indem ich mich nun zum dritten und letzten „Aber" wende, bemerke ich kurz, dass auch darin, wie früher schon angedeutet, der Kopf des Nagels nicht getroffen wird. Was Paul du Bois-Reymond dort vorbringt, sind keine Gründe gegen die dem Stosstheoretiker erwünschte Kleinheit von k, sondern andere Erwägungen, die an und für sich einen neuen selbständigen Einwand bilden, und die ich daher auch in einem besondern Abschnitt vorführen will. Als Resultat des gegenwärtigen aber glaube ich folgendes hinstellen zu dürfen:

Herr Paul du Bois-Reymond hat aus der Stosstheorie heraus eine Formel abgeleitet, welche, obschon statt eines blossen Produktes eine Exponentialfunktion darin auftritt, dennoch dem Newton'schen Gesetz um so mehr angenähert werden kann, je kleiner der Absorptionskoëfficient gewählt wird, und er hat keinen Grund beigebracht, welcher uns verhindern könnte, diesen Koëfficienten so klein anzunehmen, als man nur will. Da nun aber die im Newton'schen Gesetz ausgesprochene Proportionalität zwischen Anziehung und Masse ein aus der Erfahrung abstrahirter Satz ist, so bürgt für seine Richtigkeit nichts anderes als eine Reihe von Beobachtungen, welche in Bezug auf ihre Genauigkeit natürlich an irgend eine Grenze gebunden sind. Wo diese liegen mag, ist für die schwebende Frage gleichgültig; denn solange die Wahl von k ganz freigelassen ist, kann der Stosstheoretiker diesen Koëfficienten stets so klein wählen, dass die Abweichung seiner Formel von der Newton'schen kleiner wird als die Folgen der noch so geringen Genauigkeitsmängel, welche irgend ein Physiker oder Astronom seinen Beobachtungen zugestehen mag.

Aus diesem Grunde halte ich das Urtheil für berechtigt, dass auch das auf die Exponentialfunktion gestützte Argument Paul du Bois-Reymond's nicht stringent sei. Ich bin der Meinung, dass durch dasselbe die Ätherstosstheorie keineswegs beseitigt ist, und stehe mit dieser Meinung auch nicht allein.

Dieselbe Exponentialfunktion ist nämlich von Prof. Adalbert Rysaneck ebenfalls abgeleitet und veröffentlicht worden in einer Abhandlung, welche im 24. Bande von Exner's Repertorium der Physik unter der Überschrift: „Versuch einer dynamischen Erklärung der Gravitation" erschienen ist. Jene „dynamische Erklärung" ist nichts anderes als die alte Stosstheorie mit Voraussetzung einer unvollkommenen Elastizität, und die auf S. 100 der genannten Abhandlung entwickelte Exponentialfunktion stimmt im Wesentlichen mit der von Paul du Bois-Reymond entwickelten überein, wird aber keineswegs als ein Widerspruch oder auch nur als ein irgendwie ungünstiges Ergebniss behandelt, sondern im Rahmen der Theorie weiter verwerthet, namentlich auch zu dem Zwecke, um für den „Radius der Wirkungssphäre zwischen Körper und Ätheratom eine obere Grenze" zu ermitteln.

8. Aber selbst, wenn die Exponentialfunktion mit dem Newton'schen Gesetz sich gar nicht in einen leidlichen Einklang bringen liesse, so würde auch das doch immer noch kein geradezu tödtlicher Stoss gegen die angegriffene Theorie sein; denn hierzu fehlt es der betreffenden Formel meiner Meinung nach an der nöthigen Sicherheit des physikalischen Untergrundes. Hätte ich mir einen wesentlichen Fortschritt davon versprochen, so würde ich sie selber schon vor langer Zeit im Anschluss an das, was im 16. Kapitel meines Buches als „zweite Annäherung" bezeichnet worden ist, auf kürzestem Wege haben ableiten können. Allein für eine solche Rechnung sind natürlich ganz bestimmte physikalische Voraussetzungen nöthig, die Paul du Bois-Reymond auch explicite oder implicite zu Grunde legt, die mir aber etwas bedenklich schienen.

Wenn Paul du Bois-Reymond z. B. die im Innern eines gravitirenden Körpers erfolgende Absorption durch eine Differentialgleichung ausdrückt und letztere dann durch den ganzen Kegelstumpf integrirt, liegt dieser mathematischen Operation dann nicht streng genommen die physikalische Voraussetzung

zu Grunde, dass der von dem Kegelstumpf eingenommene Raum stetig angefüllt sei mit einer homogenen Substanz? — Und diese Vorstellung über die Konstitution der Materie weicht doch von der in der Ätherstosstheorie angenommenen sehr wesentlich ab.

Zweitens gilt die von Paul du Bois-Reymond berechnete Formel nur unter der Voraussetzung, dass die Energie, welche von einer im Innern des Kegelstumpfs beliebig gewählten Schicht absorbirt wird, abhängig sei von der gesammten Dicke der nach dem breiten Ende zu gelegenen anderen Schichten, nicht im geringsten aber von denen, die nach dem schmalen Ende zu liegen. Ob die letzteren (die dem angezogenen Körper zugekehrten Schichten) überhaupt da sind oder nicht, soll für die Absorption jener gewählten ganz gleichgültig sein. In meinem Buche[1]) habe ich aber schon bei den Erwägungen, die zu der „vierten Annäherung" führten, im Vorübergehen auf einen Umstand hingedeutet, welcher dafür spricht, dass auch die zugekehrten Schichten nicht ganz ohne Einfluss sind, und bis jetzt sehe ich keinen Anlass, die damalige Überlegung für verkehrt zu halten. Ist sie aber richtig, dann ist auch um dieses Grundes willen die Exponentialfunktion als Ausdruck für die aus der Stosstheorie abgeleitete Pseudoattraktion nicht ganz exakt.

Noch eine dritte unter den von Paul du Bois-Reymond gemachten Voraussetzungen scheint mir bedenklich, aber ich möchte dieselbe weniger um der Exponentialfunktion, als um eines anderen Einwandes willen, den er darauf gründet, beanstanden. Da dieser Einwand gegen einige von mir angestellte Überlegungen direkt angeht, so wird es zur Deutlichkeit beitragen, wenn ich diese letzteren zunächst noch einmal in Kürze darlege. —

Mit Ausnahme von Lesage's Kasten- und Thomson's Wirbelatomen werden, soviel mir erinnerlich, bei allen Vertretern der Stosstheorie die letzten Bestandtheile der sinn-

1) S. 194 und Figur 13.

fälligen Materie sowie auch die Äthertheilchen als glatte kugelförmige Körper betrachtet. Es ist dies eine Annahme, welche die mathematische Behandlung der Theorie wesentlich erleichtert, und gegen deren Anwendung ich nirgendwo einen Einwand gefunden habe, auch bei Paul du Bois-Reymond nicht.

Wenn nun aber zwei Kugeln aufeinander stossen, so fliegen sie nach den Stossgesetzen bekanntlich stets wieder auseinander, mit Ausnahme des Falles, wo beide ganz unelastisch sind und zugleich der Stoss vollkommen central vor sich geht. Da die zweite Bedingung rein geometrischer Natur ist, so kann man die Wahrscheinlichkeit ihres Eintritts mathematisch ausdrücken und findet für dieselbe den Werth $\frac{1}{\infty} = 0$. Das heisst: Unter allen möglichen Stössen ist die Zahl der genau centralen für die Rechnung ohne Bedeutung, m. a. W. um diejenigen Fälle, wo die Kugeln nach dem Stosse zusammen bleiben, braucht man sich nicht zu kümmern. Letzteres folgt aber noch aus einem anderen Grunde.

Wir denken uns, mit Paul du Bois-Reymond zu reden, „auf ein kleines Element der Oberfläche eines Körpers", etwa der Kugel *K*, träfen „von allen Richtungen her Ätheratome auf, so dass, wenn man von dem Elemente aus irgend einen Strahl in den Äther erstreckt sich denkt, auf jedem solchen Strahl Theilchen auf Theilchen in kürzesten Zeiträumen einander folgen", oder dass „gleichsam in jedem Zeitdifferential längs jedem Strahl Ätheratome auf dem Flächenelement anlangen".

Wenn nun längs dem einen Strahl, welcher auf dem Flächenelement senkrecht steht, ein Theilchen auf dem letzteren angelangt und daselbst wirklich liegen geblieben ist, dann sind doch noch Millionen schräger Strahlen da, und die längs diesen im nächsten Moment anlangenden Theilchen bleiben nicht nur selbst nicht liegen, sondern werden noch ausserdem jenes erste liegen gebliebene von der Seite fassen und wegfegen. Um das dauernde Zurückbleiben der Äthertheilchen auf kugelförmigen Körperatomen zu motiviren, bedürfte es

mithin noch besonderer Gründe oder besonderer Voraussetzungen[1]). Wo diese, wie bei Paul du Bois-Reymond, fehlen, wird man sich daran halten müssen, dass alle aufprallenden Theilchen abgleiten[2]). — Wegen der angenommenen Kugelform der Körperatome ist nach diesem Abgleiten die Vertheilung der Ätheratome im Raume eine ebenso gleichmässige wie vorher und — ich möchte diesen Gedanken zur Erleichterung weiterer Überlegung hier noch anknüpfen — die Consequenzen des unelastischen oder unvollkommen elastischen Stosses sind, wenn man die Attraktionswirkung eines Atoms auf ein anderes berechnen will[3]), genau dieselben, als wenn die Äthertheilchen durch die Körperatome hindurchgedrungen wären und nur innerhalb der letztern einen Geschwindigkeitsverlust erlitten hätten. Diese Folgerung ergibt sich, ohne dass es nöthig wäre, ausser der Kugelform und der unvollkommenen Elastizität noch irgend welche anderen Voraussetzungen zu machen.

Durch einfache Überlegungen kommt man nun weiter zu dem Resultat, dass in allen Querschnitten eines homogenen gravitirenden Körpers die Zahl der in gleichen Zeiten aufprallenden[4]) Äthertheilchen dieselbe, und nur ihre mittlere

1) Hübsch ist eine zu diesem Zwecke gemachte Erfindung des Herrn v. Dellingshausen. Vgl. sein „Räthsel der Gravitation", Heidelberg 1880, wo es S. 63 heisst: „Da bei den vielen Ätheratomen, welche auf ein Körpermolekül treffen, auch einige centrale Stösse vorkommen können, bei unelastischen Körpern aber die Geschwindigkeit derselben nach dem Stosse gleich wird und sie aneinder **kleben** bleiben, so sammelt ein Molekül nach und nach immer mehr Ätheratome um sich und wächst im Laufe der Zeit zu einem Meteorsteine, einem Monde, Planeten oder einer Sonne an." Das Wegfegen soll also wohl durch die Klebrigkeit der Atome verhindert werden!

2) Und zwar immer unter stumpfen Winkeln von durchschnittlich 132° bis 161°. Vgl. mein Räthsel, S. 188, Anm.

3) Anders ist es, wenn man die Einwirkung des Atoms *a* auf die Anziehung berechnen will, welche das Atom *b* auf irgend ein drittes Atom ausübt.

4) Nicht etwa die Zahl der in der Raumeinheit vorhandenen! Vgl. Räthsel von der Schwerkraft, S. 160.

Geschwindigkeit eine geringere sei. Hiermit stimmt auch das Ergebniss der im 17. Kapitel meines Buches angestellten detaillirten Rechnung überein. —

Demgegenüber sagt nun Paul du Bois-Reymond auf S. 22 Folgendes: „Man denke sich zwei kugelförmige Massen in einiger Entfernung ... Sind die Kugeloberflächen unvollkommen elastisch oder ganz unelastisch, so wird nothwendigerweise an den inneren Halbkugeln ein schwächeres und spärlicheres Anprallen stattfinden, wie an den äusseren..."

„Schwächer" allerdings, wegen der verminderten Geschwindigkeit einzelner; aber „spärlicher"? — Ich finde hierzu keinen Grund.

Vielleicht stellt Paul du Bois-Reymond sich vor, dass eben wegen der Verlangsamung des Fluges auch eine Verzögerung der Ankunft auf jeder Innenseite, und daher von selbst ein „spärlicheres" Eintreffen stattfände.

Dieser Ansicht gegenüber müsste ich wiederholen, was ich schon in meinem Buche S. 77 gegen Schramm schrieb: „Eine Verzögerung der Ankunft einzelner Atome ist noch keineswegs eine Verringerung der Zahl der ankommenden. Nur im allerersten Augenblick, wo der Ätheratomhagel überhaupt seinen Anfang nähme, oder auch, wenn irgendwo ein Körpermolekül plötzlich aus dem Nichts entstände, dann würde sich momentan ein solcher Überschuss bemerkbar machen ... Kämen etwa in jener ersten Sekunde auf der Aussenseite 10 Millionen Atome an, auf der Innenseite nur 9 Millionen reflektirte, weil die letzte Million in Folge der Verzögerung noch unterwegs ist, so würden in der zweiten Sekunde aussen wieder 10, innen aber auch 10 Millionen ankommen, nämlich die eine bei der ersten Sekunde zurückgebliebene Million und wieder 9 während der zweiten Sekunde reflektirte Millionen. Und so müsste das von nun an weiter gehen." —

Vergebens habe ich mich bemüht, für dieses „nothwendigerweise spärlichere Anprallen" hinreichende Gründe zu finden; und doch muss Herr Paul du Bois-Reymond dieselben,

da er sie nicht angibt, wohl für ziemlich auf der Hand liegende halten. Jedenfalls glaubt er sie in den Folgen der unvollkommenen Elastizität gefunden zu haben; denn bei vollkommener gibt er selbst ausdrücklich zu, dass „an den Innenseiten alles wie an den äusseren sein könne". Er erblickt also in diesem Falle kein Argument für eine „nothwendige" Zahlabnahme. Da aber in der Mechanik, soviel ich weiss, als hier in Betracht kommende unterscheidende Consequenzen des unvollkommen von dem vollkommen elastischen Stoss nur die Geschwindigkeitsabnahme und das damit zusammenhängende eventuelle Beieinanderbleiben nach centralem Stoss bekannt sind, und diese beiden Umstände mir kein ausreichendes Argument darbieten, so kann ich Herrn Paul du Bois-Reymond nicht zustimmen, bis er seine Gründe bekannt gibt.

Ebenso nackt und ohne beigefügte Stütze steht auf S. 23 der Satz: „Hinsichtlich der Körper darf nur angenommen werden, dass sie einen Theil der gegen sie anfliegenden Ätherтheilchen durchlassen und einen Theil zurückhalten, der dann die Kraft vorstellt."

Und wo S. 29 dieser Gedanke wiederholt wird in der vorhin schon citirten Stelle: „Die nach einem Punkte hin konvergirenden Ätherтheilchen, welche einen Körper durchdringen, der den Punkt anziehen soll, lassen in dem Körper Ätherтheilchen zurück, deren Menge die Anziehung vorstellt", da ist wiederum kein Grund beigefügt.

Diese so wenig gestützten Behauptungen nun bilden das Fundament, auf welchem Herr Paul du Bois-Reymond seinen dritten „Aber-Satz," dessen Beleuchtung ich mir noch vorbehalten hatte, aufbaut. Darin heisst es zunächst: „Der Impuls der Schwerkraft findet statt an der dem anziehenden Körper abgewandten Seite des angezogenen Punktes des Massentheilchens. Dort vereinigen sich die Kegelstrahlen und mit ihnen die Massentheilchen. Was geschieht ferner mit diesen? Werden sie reflektirt, so hat man es mit einer elastischen Wirkung zu thun, die auf Fernkräfte führt.

Werden sie nicht reflektirt, so sammeln[1]) sie sich beständig."

Dem gegenüber wiederhole ich nochmals: Nach den Stossgesetzen müssen sie abgleiten, auch ohne Elastizität.

Darauf heisst es weiter: „Um diese Ansammlung gering erscheinen zu lassen, kann man den Umstand benützen, dass die Stosskraft sich aus zwei Theilen, der stossenden Äthermasse und ihrer Geschwindigkeit zusammensetzt, und die Äthermasse durch Vergrösserung der Geschwindigkeit, möglichst verringern. Man wird hierin sogar bestärkt durch die ungeheure Geschwindigkeit, welche Laplace für diese Bewegung, falls sie existirte . . . herausgerechnet hat[2]). Immerhin bleibt noch die Zeit übrig, während deren die Ansammlung stattgefunden haben müsste, und die man doch nicht endlich annehmen kann, ohne sich auf einen Schöpfungsakt zu stützen."

---

1) Auf S. 28 wird dieses vorgebliche Zurückbehalten von Ätherheilchen innerhalb des gravitirenden Körpers durch das Wort „absorbiren" bezeichnet und der Zusatz beigefügt: „absorbirt oder genauer von der Richtung nach der Kegelspitze abgelenkt". — Wenn diese „genauere" Bestimmung als eine den wirklichen Vorgang zutreffender bezeichnende betrachtet werden soll, dann fehlt die Ursache des „Ansammelns" ja erst recht. Eine Ablenkung ist keine Ansammlung. Übrigens ist auch für die Ablenkung einer gewissen Theilchenmenge von der Spitze des Kegels gar kein Grund angegeben worden. Wer auf diese Ablenkung einen Schluss bauen will, hätte zuvor zeigen müssen, dass und warum von dieser Kegelspitze mehr Theilchen ab- als zugelenkt werden.

2) Paul du Bois-Reymond citirt S. 7 eine Stelle von Laplace, wonach dieser zu dem Ergebniss gelangt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraft mindestens hundertmillionenmal so gross sein müsste, wie die Lichtgeschwindigkeit, wenn sie astronomisch unmerkbar sein sollte. — Ich finde in den Wiener Sitzungsberichten vom März 1888 eine Arbeit von Hepperger, worin dieser zu dem Resultat kommt, dass die Gravitationswirkung in weniger als einer Zeitsekunde von der Sonne zur Erde gelangen müsse. Die hiermit gegebene Geschwindigkeitsbestimmung übertrifft die des Lichtes nur ungefähr fünfhundertmal.

Dieses letzte Argument gegen die Stosstheorie würde, positiv ausgedrückt, so lauten: Weil die Welt ja doch nicht erschaffen, sondern ewig ist, so würde die fatale „Ansammlung" schon unendlich lange gedauert haben, und dann müssten — mag man die Ätheratome so winzig annehmen, wie man will — doch irgend welche absurden Folgen eingetreten sein. Nun sind diese aber nicht eingetreten, also? — — ist mindestens ein Satz in der Schlussreihe falsch. Ob es nun den Zwecken des Verfassers dienlich ist, in die Reihe dieser Sätze auch noch die alte Streitfrage nach dem Ursprung der Welt eingefügt zu haben, scheint mir zweifelhaft.

Herr Paul du Bois-Reymond fährt fort: „Dies sind die Schwierigkeiten, die wir an der Spitze des Kegels vorfinden. Am andern Ende sind sie nicht geringer ... und mit diesen Schwierigkeiten fallen denn alle in der angegebenen Weise angestrengten Versuche, die Schwerkraft annähernd darzustellen." —

Schwierigkeiten sind allerdings vorhanden, ich sehe aber einstweilen keinen Grund, sie mit Paul du Bois-Reymond in den Folgen einer perpetuirlichen Ablagerung von Äthertheilchen auf den Körperatomen zu suchen. Eher würde ich geneigt sein zuzustimmen, wenn man sie in der Rechenaufgabe, die mechanischen Consequenzen so ausserordentlich komplizirter Anstösse analytisch zu fassen, suchen wollte, oder auch in der physikalischen Vorstellung, dass selbst unsere dichtesten Körper in ihrem materiellen Aufbau noch so locker gefügt sein sollen, um für das allseitige fast ungehinderte Durchdringen der Äthertheilchen den genügenden Raum freizulassen.

Indessen „Schwierigkeiten" sind keine Unmöglichkeiten. Blosse Schwierigkeiten reichen überhaupt nicht aus, um eine Theorie so endgültig zum „Fallen" zu bringen, dass man auf den Trümmern derselben das trostlose Schild: „Ignorabimus" aufpflanzen dürfte.

9. Wir kommen jetzt zu einem Einwand von minderem Belang, den Herr Paul du Bois-Reymond an die schon erörterte Betrachtung über den unendlichen Massenkegel an-

schliesst, den ich aber, um das Wichtigere zuerst zu erledigen, an jener Stelle übergangen habe. Es heisst dort (S. 26): „Je grösser die voneinander abzuziehenden Wirkungen, desto unwahrscheinlicher ist es, dass ihr Unterschied ein fester, überall gleicher sei, weil die physikalisch doch höchst wahrscheinlichen Schwankungen der grossen Wirkungen, wie klein sie im Verhältniss zu ihnen selbst auch sein mögen, ihren Unterschied aufs Stärkste beeinflussen."

Dieser Einwand lässt sich in folgende Punkte zerlegen:

1) Die Stosstheorie betrachtet die Schwerkraft als Differenz zweier auf einen Körper einwirkenden Kräfte.

2) Sie ist gezwungen, diese Kräfte beide als ungeheuer grosse zu betrachten.

3) Es ist „physikalisch höchst wahrscheinlich", dass die Wirkungen dieser Kräfte gewissen Schwankungen unterliegen.

4) Wenn die Schwankungen einer jeden einzelnen Kraftwirkung auch im Verhältniss zu dieser Wirkung selbst klein sind, so müssen die Schwankungen des Unterschiedes doch sehr gross sein.

5) Die Schwerkraft ist aber „fest und überall gleich", etwaige Schwankungen sind gar nicht zu beobachten, also kann die Schwerkraft nicht auf den Unterschied jener zwei Kräfte gegründet werden.

Diese Argumentation bindet nicht, so lange Nr. 3 und Nr. 4 ganz ohne Beweis bleiben, wie Herr Paul du Bois-Reymond sie hingestellt hat. In Bezug auf beide Punkte kann man aber in gewissem Sinne sogar den Autor gegen sich selbst ins Feld führen. — Was den dritten betrifft, so sagt er S. 30: „Es ist . . . nicht der geringste mechanische Grund denkbar für ein . . . Dünnerwerden des doch im Leeren fliegenden Schwarms der Äthertheilchen vorhanden."

Ist für ein Dichterwerden des im Leeren fliegenden Schwarms etwa mehr Grund da? — Doch wohl kaum! Nun, dann wäre von den beiden zu subtrahirenden Kräften wenigstens der Minuend vor Schwankungen gerettet.

Bezüglich der vierten These aber ist darauf hinzuweisen,

dass dieselbe offenbar probabler sein würde, wenn Minuend und Subtrahend voneinander unabhängige variable Grössen wären. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall, und aus dem, was Herr Paul du Bois-Reymond auf S. 28 ausgerechnet hat[1]), könnte man sogar die direkte Proportionalität der Differenz mit dem Minuenden, also auch mit dem Subtrahenden ableiten. Demnach würden bei eventuellen Schwankungen diese drei Grössen stets genau um den gleichen Bruchtheil ihres jedesmaligen Werthes zu- oder abnehmen.

10. Hiermit sind die mathematisch-physikalischen Einwände, die Herr Paul du Bois-Reymond gegen die Stosstheorie erhebt, soviel ich absehe, erledigt; der letzte, welcher nun noch zu besprechen übrig bleibt, ist mehr philosophischer Natur, und seine Triftigkeit ist von allem bisher Erörterten unabhängig. Ich finde ihn in folgendem Passus:

„In der Mechanik spielen althergebrachte Vorstellungsweisen, die man als selbstverständlich hinnimmt, eine grosse Rolle, und es muss vor Allem festgestellt werden, ob diese begreiflicher sind, wie die in dieser Wissenschaft gleichfalls unbesehen beständig verwendeten Fernkräfte. Ich meine die absolut starren und die absolut elastischen Gebilde. Beide sind Grenzen von physikalischen Dingen, Grenzen, die gänzlich ausserhalb unserer Erfahrung und somit unseres Vorstellungsvermögens liegen. Zudem ist die Elastizität, nicht allein die absolute, eine Erscheinung, zu deren Konstruktion wir gerade wieder der Fernkräfte, allerdings der molekularen, bedürfen. Wenn wir also zur Konstruktion der Fernkraft die absolute Starrheit mit oder ohne Elastizität benutzen, so führen wir sie der absoluten Starrheit wegen auf Unvorstellbares, der Elastizität wegen auf Fernkräfte anderer Art zurück, und beides kann uns also nicht befriedigen.“ —

---

1) Nämlich die oben schon citirte Gleichung:

$$\lambda = \mu' [1 - e^{-K(R-r)}],$$

wobei λ die „Differenz“ und μ' den Minuenden repräsentirt.

Von der absoluten Elastizität habe ich an einer früheren Stelle schon gesprochen; mich selbst geht diese Sache auch insofern weniger nahe an, als in meiner eigenen Gravitations-„Konstruktion“ die absolute Elastizität keine Rolle spielt. Anders ist es mit der Starrheit.

Absolut starre Gebilde sind also nach Paul du Bois-Reymond „Grenzen von physikalischen Dingen“. — Was mit diesem Ausdruck gemeint ist, wird deutlicher durch folgende Erläuterung: „Man kann sich Körper, die aufeinander stossen sollen, erst weich und dann immer härter, aber immer sehr wenig elastisch, wie Butter, Blei u. s. w. denken, aber auch erst weich und dann immer härter, aber immer sehr elastisch, wie Gummi, Elfenbein u. s. w. Von welcher dieser beiden Folgen ist nun das absolut Starre die Grenze? Offenbar von welcher es uns beliebt, auch von einer mittleren Reihe beider. Denn, wie gesagt, das absolut Starre ist ja eine Erfindung und existirt nicht, oder doch nicht menschlich nachweisbar . . . Wenn wir also zur Konstruktion der Fernkraft ein Starres mit Eigenschaften, die wir ihm vorschreiben, benutzen, und wenn sie damit gelingen sollte, so wäre damit nichts weiter erreicht, als eine Verschiebung des Problems.“

Gegen diese Argumentation Paul du Bois-Reymond's stelle ich folgende Sätze auf:

1) Ob absolut starre Gebilde nachweisbar existiren oder nicht, ist gleichgültig, wenn es sich um ihre Vorstellbarkeit handelt.

2) Starre Gebilde, wie die Stosstheorie sie braucht, sind wirklich vorstellbar.

3) Selbst im Falle ihrer Unvorstellbarkeit würde eine Konstruktion der Fernkraft durch dieselben immer noch ein philosophisch werthvolles Resultat sein, wieviel mehr also im Falle ihrer Vorstellbarkeit. —

In Bezug auf den ersten Punkt möchte ich meinen Leser fragen, ob er sich nicht einen Tisch vorstellen könne, der genau doppelt so lang als breit ist, ob er sich nicht eine völlig runde Kugel, ein ganz weisses Pferd u. s. w. vorstellen

könne. — Ich zweifle nicht im mindesten, dass Jeder mit ja antworten wird. Frage ich dann aber weiter, ob er denn im Stande sei, stringent nachzuweisen, dass diese drei Dinge auch wirklich existiren, so kann er das offenbar nur verneinen. Damit ist er aber, soviel ich absehe, überführt, dass der Nachweis der Existenz keine Vorbedingung der Vorstellbarkeit eines „Dinges“ ist.

Allein man kann noch weiter gehen und sagen, dass manche Menschen Vorstellungen besitzen, ganz bestimmte und klare Vorstellungen von Dingen, die nachweislich nicht existiren. Wird ja doch beispielsweise vom bildenden Künstler geradezu gefordert, dass er in seinem Innern eine deutliche Vorstellung des Kunstwerkes, welches er schaffen will, schon vorher besitzen solle.

Darüber, meine ich, könne man nicht streiten, dass unsere Seele Einzelvorstellungen, die sie durch sinnliche Wahrnehmung in sich aufgenommen hat, in mannigfaltiger Weise zu kombiniren vermöge, auch wenn diese Kombinationen als fertige nicht Gegenstand der Erfahrung oder Objekt irgend eines Beweises gewesen sind. Wenn daher Herr Paul du Bois-Reymond von irgend einem „physikalischen Ding“, sei es das absolut Starre oder irgend ein anderes, sagt, es liege „ausserhalb unserer Erfahrung und somit unseres Vorstellungsvermögens“, so scheint mir dieses „somit“ nicht berechtigt zu sein.

Was den zweiten Punkt betrifft, so hat Paul du Bois-Reymond zwei Wege beschrieben, auf welchen man sich dem absolut Starren nähern könne. Sind das aber die einzigen? —

Ich kann mir vorstellen, dass ein Körper, also irgend ein Quantum undurchdringlicher, träger Materie, in diesem Augenblick irgend eine bestimmte Form habe. Ich kann mir weiter vorstellen, dass er diese Form beibehalte heute und morgen und stets, zu allen Zeiten und unter allen Umständen. Mag ihn treffen, was immer ihn trifft, er behält seine Form einfach bei: Soll ich mir das nicht vorstellen können? — — Kann ich es aber, so habe ich mir einen Körper vorgestellt,

dessen Starrheit allen Bedürfnissen der kinetischen Gravitationstheorie genügt, und habe dazu weder der Reihe: Butter, Blei bedurft, noch der Reihe: Gummi, Elfenbein.

Nichts anderes als die drei von Alters her in der Physik und Philosophie eingebürgerten Begriffe: Undurchdringlichkeit, Form, Dauer ist nöthig gewesen, um die Vorstellung des starren Körpers, wie ich ihn gebrauche, zu kombiniren. Welcher von diesen Theilen ist nun etwa an sich unvorstellbar? Und wo ist der Widerspruch des einen Theils mit dem anderen, der mich verhindern sollte, alle drei zu einer Vorstellung zu vereinigen?

Bei Herrn Paul du Bois-Reymond finde ich keinen angegeben, und bis ich ihn irgendwo finde, denke ich bei der Meinung bleiben zu dürfen, dass man sich ein Ding: träge, undurchdringlich und von konstanter Form, also nur kongruent mit sich selbst verschiebbar, ganz wohl vorstellen könne. —

Aber, so habe ich drittens behauptet, selbst wenn man es nicht könnte, dann würde die Zurückführung der Gravitationserscheinungen auf solche „Dinge“ immer noch etwas Werthvolles sein. Führt man sie nämlich, wie bisher, auf eine unvermittelte Fernkraft zurück, so gibt man ihr ja eine kausale Unterlage, deren Unvorstellbarkeit allerseits eingestanden und auch von Paul du Bois-Reymond wiederholt betont wird. Man ist also in dieser Beziehung dem Starren gegenüber durchaus in keinem Vortheil; in einem sehr grossen Nachtheil aber befindet man sich wegen der fortwährenden Veränderlichkeit der benutzten Ursache!

Denn wer zur Erklärung z. B. der Erdbewegungen behauptet, es existire eine fernwirkende Anziehung der Sonne, der muss zunächst natürlich das Galilei'sche Axiom von der Trägheit annehmen, sonst würde er die nöthige Centrifugalkraft nicht bekommen, welche verhindert, dass die Erde in die Sonne hineinstürzt. Ausserdem aber muss er — weil ja die Entfernung der beiden Himmelskörper von Moment zu Moment eine andere ist — auch weiter behaupten, dass die Kraft der Anziehung sich immerfort verändere, entsprechend

dem Newton'schen Gesetz. Und nun entsteht die weitere Frage: Warum ist denn die Anziehung bei kleinerem Abstande stärker und umgekehrt? Warum ist sie bei dem halben *radius vector* genau viermal stärker, bei dem dreifachen neunmal schwächer?

Bekanntlich lassen sich in Bezug auf Schall und Licht die entsprechenden Fragen leicht beantworten auf Grund des benutzten Mittels; sie aber auch bei der wirklichen, echten Fernkraft, die *a priori* jede Vermittelung ausschliesst, in befriedigender Weise zu beantworten, das dürfte eine schwere Sache sein, und ich sehe nirgendwo einen Weg ab, der zu diesem Ziele hinführen könnte.

In dieser Hinsicht scheint mir denn doch der starre Stoss wesentlich im Vortheil. Bei ihm ist ausser dem Trägheitsgesetz nichts anzunehmen, als die Undurchdringlichkeit und die Constanz der Form, Begriffe also, von denen alles Veränderliche abgestreift ist, und die demnach der vorhin erwähnten fatalen Warumfrage keinen Anknüpfungspunkt mehr bieten. Von welch wesentlichem Belang aber gerade dieses Fehlen der Veränderlichkeit bei der in der Stosstheorie benutzten Ursache ist, das wünschte ich wohl jetzt schon durch eine tiefer greifende Erörterung klarlegen zu können, allein zwingende Gründe bestimmen mich, diesen Plan aufzuschieben, bis ich ein grösseres Mass von Arbeitszeit und Kraft, als es mir jetzt zur Verfügung steht, darauf verwenden kann. Gegenwärtig will ich mich darauf beschränken, einige Sätze aus der ersten Abhandlung von Helmholtz „über die Erhaltung der Kraft" anzuführen, welche übrigens schon völlig hinreichen, den Vorzug der Unveränderlichkeit in ein helles Licht zu setzen. Helmholtz sagt:

„Der theoretische Theil der Naturwissenschaften sucht ... die unbekannten Ursachen der Vorgänge in der Natur aus ihren sichtbaren Wirkungen zu finden, er sucht dieselben zu begreifen nach dem Gesetz der Causalität. Wir werden genöthigt und berechtigt zu diesem Geschäfte durch den Grundsatz, dass jede Veränderung in der Natur eine zureichende

Ursache haben müsse. Die nächsten Ursachen, welche wir den Naturerscheinungen unterlegen, können nun selbst entweder unveränderlich sein oder veränderlich; im letzten Falle nöthigt uns derselbe Grundsatz, nach anderen Ursachen wiederum dieser Veränderungen zu suchen und so fort, bis wir zu letzten Ursachen gekommen sind ... Das endliche Ziel der theoretischen Naturwissenschaft ist also, die letzten unveränderlichen Ursachen der Vorgänge in der Natur aufzufinden."

Auf den Stoss starrer Körper passt dieses Helmholtz'sche Kriterium der „letzten Ursachen", auf die fernwirkende Attraktion aber nicht, trotz des unveränderlichen Newton'schen Gesetzes[1]). Denn eben dieses unveränderliche Gesetz sagt in seinem ersten Paragraphen aus, dass die Attraktion, falls sie als Ursache der Phänomene betrachtet wird, keine unveränderliche sei, sondern unaufhörlich in ganz bestimmter Weise bald wachse, bald abnehme — mit alleiniger Ausnahme des Falles, wo die Bewegung etwa kreisförmig wäre. Dieser Fall aber liegt bekanntlich weder bei der irdischen Schwere vor, noch bei der Bewegung der Planeten.

Indem ich hiermit meine Entgegnungen auf die Einwände des Herrn Paul du Bois-Reymond gegen die Stosstheorie abschliesse, stelle ich die wesentlichsten Thesen, die ich im Vorstehenden begründet zu haben glaube, noch einmal zusammen:

1) Die Ableitung der Gravitationserscheinungen aus Stössen starrer Körper würde, wenn sie gelänge, ein werthvolles Resultat sein.

---

1) Hier wäre wohl eine passende Stelle, um auf einige einschlägige Gedanken, welche Helmholtz im Anschluss an die oben citirten Sätze, sowie auch hin und wieder an anderen Stellen seiner Werke ausspricht, des Näheren einzugehen. Auch über die hierauf bezüglichen Bemerkungen des Herrn Dr. Gellenthin in seinem 84er Programm wäre mancherlei zu sagen. Allein das würde kaum möglich sein, ohne dass daraus eine Abhandlung in der Abhandlung entstände; ich ziehe daher vor, die erstere einstweilen zu vertagen.

2) Die Behauptung, dass die Stosstheorie grosse Schwankungen der Druckdifferenz annehmen müsse, und dass diese im Widerspruch ständen mit der Constanz der Schwerkraft, ist unbewiesen.

3) Ein Massenkegel, welcher so gross ist, dass er durch das halbe Weltall geht, kann nicht als durchschlagendes Beweismittel gegen die Stosstheorie betrachtet werden, weil die Gültigkeit des Newton'schen Gesetzes für ihn nicht bestätigt werden kann.

4) Die von Paul du Bois-Reymond und Rysaneck abgeleitete Exponentialfunktion kann nicht als ein durchschlagendes Beweismittel gegen die Stosstheorie betrachtet werden, einerseits, weil sie selbst kein erschöpfender Ausdruck für die Gesammtwirkung der Ätherstösse ist, andererseits, weil sie dem Newton'schen Gesetz um so mehr entspricht, je kleiner der Absorptionskoëfficient angenommen wird, und der Kleinheit dieses Koëfficienten von Herrn Paul du Bois-Reymond keine Grenze gesetzt worden ist.

11. Damit ist der wuchtigste Streich abgewehrt; alle anderen Konstruktionsversuche der Schwere sind bei weitem nicht so eingehend und nachdrücklich behandelt worden, wie die Stosstheorie.

„Zug und Druck, sagt Herr Paul du Bois-Reymond, als Bewegungsmittel anlangend, so können wir uns um so kürzer fassen, als sie, soviel mir bekannt, zu Konstruktionsversuchen der Fernkraft nicht benutzt worden sind und auch ganz ungeeignet dazu scheinen. In der That, denkt man sich irgend eine stetige Verbindung zwischen den sich anziehenden Körpern, so würden bei mehreren Körpern, die in Bewegung sind, diese Verbindungen sich durchdringen, durch einander hindurchgehen müssen, wie in der Idee geometrische Gebilde sich ungehindert durchsetzen. Dies wäre jedoch bei der vorausgesetzten Stetigkeit der Verbindungen stofflich undenkbar. Stetig aber muss man die Verbindungen annehmen, denn wären sie unterbrochen, so könnten sie nur

durch Fernkräfte zusammengehalten werden, und damit wären wir nicht weiter.“ —

Irrig ist hier zunächst die Meinung, dass der Druck zu Konstruktionsversuchen der Fernkraft nicht benutzt worden sei. Denn es gibt in Wirklichkeit mehrere solche Versuche, und dieselben sind überdies derart, dass auf sie das Argument von der Unmöglichkeit einer gegenseitigen Durchdringung stetiger Verbindungen zwischen den gravitirenden Körpern nicht passt. Ich erinnere zunächst an die Spiller'sche Theorie vom Ätherdruck, deren Besprechung das vierte Kapitel meines Buches gewidmet ist. Sodann hat der berühmte Mathematiker und Physiker Leonard Euler[1]) eine auf Druck gegründete Konstruktion der Fernkraft versucht, die ich im 26. Bande der Zeitschrift für Mathematik und Physik wiedergegeben und ausführlich besprochen habe.

Drittens erinnere ich an den „Physikalischen Verein“ zu Breslau, welcher sich ganz speciell die Aufgabe gestellt hat, die Gravitationsphänomene durch den Druck irgend welcher Agentien mechanisch zu erklären. Der Vorsitzende und Hauptschriftsteller dieses Vereins, ein Herr A. Anderssohn, hat im Jahre 1874 seine Theorie der in Breslau tagenden 47. Naturforscherversammlung vorgelegt, hat sie auch in wechselnder Gestalt dem Druck übergeben, am ausführlichsten in einem 1880 erschienenen Buche, welches den Titel führt: Die Theorie vom Massendruck aus der Ferne, und merkwürdigerweise dem „Herrn Dr. Emil du Bois-Reymond[2]), Professor der Physiologie an der Universität zu Berlin“ ausdrücklich gewidmet ist.

Ich könnte vielleicht noch auf andere Arbeiten hinweisen, allein das Gesagte genügt, um darzuthun, dass Herr Paul du Bois-Reymond irrte bei dem Glauben, es seien in Bezug

1) Opera Postuma, II.

2) Herrn Emil du Bois-Reymond ist auch die Euler'sche Drucktheorie nicht entgangen, er führt in einer Anmerkung der 5. Auflage seiner Rede: „Über die Grenzen des Naturerkennens“ S. 50 neben anderen Schriften von mir auch die eben erwähnte Abhandlung an.

Jetzt kann man zunächst die Frage aufwerfen: Sind denn auch in der That alle „Gedankenfolgen", durch welche man eine Gravitationskonstruktion bisher versucht hat, in jenem „kasuistischen Beweise" geprüft worden? —

Da Herr Paul du Bois-Reymond die betreffenden Versuche nicht durch die Namen ihrer Autoren kennzeichnet, so ist blos aus dem Inhalt der Gegenargumente zu entnehmen, welche Theorien jedesmal das Ziel des Angriffs bilden. Da scheint mir nun, dass einzelne, z. B. die von Thomson und Tolver Preston inhaltlich ganz oder theilweise übergangen worden sind. Vielleicht dürften noch andere Namen, etwa Rethwich, Föhre, Dellingshausen u. s. w. beigefügt werden.

Gehe ich aber weiter und frage: Wie steht es denn mit der Prüfung derjenigen Gedankenfolgen, durch welche man zum Ziele zu kommen versuchen oder auch nur hoffen könnte? so muss ich mir gestehen, dass ich gar nicht abzusehen vermag, wie Jemand zu der Zuversicht kommen will, dass er diese Gedankenfolgen in ihrer ganzen Vollständigkeit überhaupt kenne.

In mathematischen Dingen ist es ja mitunter sehr leicht, alle Möglichkeiten zu erschöpfen. Ich sehe aber keinen Weg, wie das auf dem Gebiete mechanischer Konstruktionen ebenfalls geschehen könnte. Und dies scheint mir noch um so weniger möglich, da ja ganz speciell im Gebiet der Fernkraft-Konstruktionen wiederholt Ideen eingeführt worden sind, die ganz ausserhalb der bis dahin bekannten „Gedankenfolgen" lagen. Huygens z. B. würde seine Gravitationstheorie sicherlich nicht in dem embryonalen Zustande, in welchem sie uns vorliegt, gelassen haben, wenn er seine *praecipua hypothesis*[1]) mit den Ideen hätte befruchten können, die der modernen Gastheorie zu Grunde liegen.

Secchi konnte seine Theorie erst aufstellen, nachdem Poinsot[2]) seine bekannten Sätze über den Stoss rotirender

1) Vgl. Räthsel der Schwerkraft S. 90.
2) Liouville'sches Journal 1857, S. 281.

Körper veröffentlicht hatte, und Helmholtz eröffnete durch seine Abhandlung „über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche der Wirbelbewegung entsprechen“[1]) den Engländern Thomson und Tolver Preston wiederum einen neuen Weg zur Construktion der Fernkraft.

Woher soll man nun die Überzeugung schöpfen, dass dergleichen von jetzt ab nicht mehr vorkommen könne[2])? Und gesetzten Falles, es sei für den Standpunkt der heutigen Wissenschaft das Ignoramus wirklich erwiesen worden, worauf gründet sich dann jene Gewissheit, die dasselbe zu einem Ignorabimus zu steigern vermöchte? —

Weil ich für diese Gewissheit nirgendwo einen Boden finde, so geht mein Urtheil dahin, dass der Beweisplan des Herrn Paul du Bois-Reymond von vornherein aussichtslos war und zu dem erstrebten Ziele gar nicht hinführen konnte.

14. Es bleibt mir nunmehr noch die ebenso interessante als wichtige Aufgabe übrig, den Ersatz etwas näher zu betrachten, welchen Herr Paul du Bois-Reymond allen denjenigen darbietet, denen er durch seine Abhandlung die letzte Hoffnung auf ein Begreifen der Fernkraft weggenommen hat. Die hierauf bezügliche Stelle seines Vortrags beginnt folgendermassen:

„Das Ergebniss unserer Betrachtungen könnten wir nun als ein höchst untröstliches beklagen. Ich glaube jedoch zeigen zu können, dass diese Auffassung durchaus verfehlt wäre, und dass wir ohne Weltschmerz uns dabei beruhigen können, wie wir es allerdings ... auch müssen.“ — Nachdem in diesen Worten noch einmal die zwingende Kraft des vorhergehenden Unmöglichkeitsbeweises betont worden, legt der Verfasser seine Ansicht in einer Reihe von Sätzen dar, unter denen ich als die wichtigsten folgende auswähle:

1) Crelle's Journal Bd. 55.

2) Ich neige z. B. zu dem Glauben, dass aus den eingangs erwähnten Untersuchungen von Prof. Hertz für die Lösung des Gravitationsproblems ein neuer Vortheil erwachsen werde.

„Wenn wir von Materie, Substanz, Stoff, Körperlichem reden, was können wir davon aussagen, wie offenbaren sie sich uns? Nun, ganz allein durch die Kraft . . . Der Eigner der Kraft, das Atom, ist gewissermassen ein Luxus des Denkens, etwas Überflüssiges . . . So wird denn vor tieferer Einsicht das naive Erscheinungsbild der Substanz durch die mechanische Abziehung der Kraft verdrängt und ersetzt . . . Was nun übrig bleibt, die äusserste Abziehung dieses Substanzbegriffs, ist allerdings völlig der Vorstellung entrückt: Bewegliche Mittelpunkte von überall im Raume vorhandenen, nach ihnen hin stattfindenden Wirkungen, also Wirkungssphären, welche sich mit ihren Mittelpunkten fortbewegen, und zwar durcheinander durch, ohne sich gegenseitig im geringsten zu beeinflussen u. s. w.“ —

Soviel ich weiss, ist diese Anschauung nicht neu. Boscovich, Faraday u. A. konstruiren die Welt aus Kraftcentren, deren Wirkungssphären ohne Grenzen sind. Es ist darüber schon soviel polemisirt worden, dass ich keinen Vortheil davon absehe, in dem engen Rahmen der gegenwärtigen Abhandlung darauf näher einzugehen. Da übrigens von Paul du Bois-Reymond selbst die Unvorstellbarkeit seiner Combinationen bereitwillig zugegeben wird, so braucht ein Angriff gegen dieselben sich wohl nur noch auf den Nachweis physikalischer Unbrauchbarkeit oder des logischen Widersinnes zu richten. Auch diese Angriffe existiren schon längst. Ich begnüge mich hier, zwei in den bezeichneten Richtungen abgezielte Sätze von Emil du Bois-Reymond zu citiren, die ich in dessen vorhin schon erwähnter Rede finde. Dort heisst es: „Denkt man sich . . . als Substrat (atomistischer Substanz) nur die Mittelpunkte der Centralkräfte, so . . . ist nichts mehr da, was träg sein könnte, gleich der Materie.“

Ferner: „Durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte sind . . . widersinnig.“ —

Für den letzten Satz wird hin und wieder als Stütze das alte Axiom benutzt: *„Corpus ibi agere non potest, ubi non est.“* Emil du Bois-Reymond stellt ihn ohne Begründung

hin; für den ersten Satz aber gibt er die folgende: „Der Punkt ist die im Raum angestellte Negation des Raumes.“ Da nun eine „Negation“ offenbar nicht „träge“ sein kann, so ist „nichts mehr da, was träge sein könnte“.

Ich meinerseits will diese Frage, da sie in Kürze nicht zu erledigen ist, hier dahingestellt sein lassen und möchte die Aufmerksamkeit nur noch auf einige Punkte hinlenken, die mir besonders aufgefallen sind. Ich meine damit das Verhältniss zwischen der von Paul du Bois-Reymond in den vorhin citirten Sätzen dargelegten Ansicht vom Wesen der Fernkraft erstens zu der Ansicht, welche nach seiner eigenen Meinung die in der heutigen Physik vorherrschende ist, zweitens zu den Ansichten von Zöllner und drittens zu den Ansichten Newton's in seinen späteren Jahren.

15. Was den ersten Gegenstand betrifft, so kommt es zunächst darauf an festzustellen, wie denn nach Paul du Bois-Reymond's Meinung die in der heutigen Physik vorherrschende Ansicht über die Fernkraft eigentlich lautet. Zu diesem Zwecke ist vor allem eine Stelle aus der Einleitung seines Vortrags anzuführen, wo er „die klassischen Eigenschaften, die man wohl ziemlich allgemein der Schwerkraft beilegt“, in sechs Punkten vorführt. Dort heisst es unter Nr. 5 folgendermassen:

„Von der (Schwer-)Kraft gilt noch, dass, wenn man sich beide (aufeinander einwirkenden) Körper plötzlich aus dem Nichts in ihre Lagen gebracht denkt, ihre Wirkung ebenso plötzlich beginnt. Mit anderen Worten, wenn man nur einen Körper sich denkt, so ist sein Wirkendes überall im Raume vorhanden, bereit, auf jeden zweiten Körper, den man sich irgendwo hindenkt, bei dessen Auftreten sofort seine Wirkung zu äussern . . .“

Ich gestehe, dass ich beim ersten Lesen dieser Stelle mir gedacht habe, dieselbe sei kein besonders glücklicher Ausdruck für den darin steckenden Gedanken, nämlich für das, was man meiner Meinung nach sich allgemein unter der

momentanen Fernwirkung der Gravitation zu denken pflegt. Beim Weiterlesen kam ich indessen an einen Passus, der mich belehrte, dass der oben angeführte Satz in der That einen völlig adäquaten Ausdruck für die Meinung Paul du Bois-Reymond's bildet, und dass der Grund des Anstosses eben in der letzteren steckt.

Paul du Bois-Reymond unterscheidet nämlich noch zwischen dem „Körper" selbst und seinem „Wirkenden". Der Körper befindet sich „irgendwo" im Raume, befindet sich „in seiner Lage". Das Wirkende hingegen befindet sich „überall im Raume". Jene zweite Stelle, welche mir an der Thatsächlichkeit dieses überraschenden Unterscheidens keinen Zweifel mehr liess, lautet folgendermassen[1]):

„Denken wir uns ein Pendel in dem Dunkel eines feuersicheren Schrankes aufgehängt, diesen innerhalb eines ihn nach allen Richtungen umschliessenden ersten Gehäuses, und zwischen dem Schrank und dem ersten Gehäuse Weissglühhitze, sodann um das erste Gehäuse ein zweites, und zwischen letzteren beiden eine solche Luftleere, dass sie die Elektrizität nicht mehr leitet. Nun ist das Pendel so vollständig von der Welt abgeschlossen, als alle uns zu Gebote stehenden Mittel es erlauben. Kein physikalisches Agens kann mehr zu ihm gelangen. Und doch schwingt es, als ob es im Freien aufgehängt wäre ... Etwas anderes wäre es, wenn wir den Raum zwischen dem ersten und zweiten Gehäuse nicht blos von der darin befindlichen Luft, also der wägbaren Substanz, soweit dies eben heutzutage möglich ist, sondern überhaupt von allem darin vorhandenen Stoff entleeren könnten. Dann würde dort ein tiefschwarzes, absolutes Vakuum übrig bleiben, welches nichts durchliesse, also auch nicht die Fernkraft. Jetzt erst würde das Pendel nicht mehr schwingen. Denn nach der Vorstellung, welche wir von dem Wesen der Fernkraft uns gebildet haben, können nur absolute Vakua ihre Wirkung aufhalten." —

1) l. c. S. 9.

Hier sehen wir also das in der Einleitung erwähnte „Wirkende“ in seiner wesentlichen Bedeutung. Es ist ein „Stoff“, überall im Raume befindlich; sein Wirken ist nothwendig; fehlt er, so wird die Fernkraft aufgehalten, denn das „tiefschwarze Vakuum“ lässt sie nicht mehr durch.

Dieser Ansicht Paul du Bois-Reymond's gegenüber muss ich fragen: Ist das denn wirklich eine der „klassischen Eigenschaften“ der Schwerkraft, die man ihr „wohl ziemlich allgemein beilegt“? — Und zweitens: Ist es überhaupt vernünftig, ist es logisch zulässig, von der Fernkraft so etwas zu behaupten? — Beide Fragen sind meiner Meinung nach zu verneinen, und zwar aus folgenden Gründen:

Dass man der Schwere die Abhängigkeit von dem Vorhandensein eines den Zwischenraum erfüllenden Stoffes in der Mechanik nicht zuschreibt, schliesse ich zunächst aus dem Umstande, dass dieser Stoff weder in dem analytischen Ausdruck für das Newton'sche Gesetz, noch in irgend einer irdischen oder astronomischen Anwendung desselben die geringste Berücksichtigung findet. Überall nämlich, wo das Vorhandensein gewisser Stoffe als nothwendig erachtet wird für den Eintritt irgend einer Wirkung, da müssen in den vollständigen Ausdruck für das Gesetz dieser Wirkung gewisse konstante oder variable Grössen aufgenommen werden, welche von den Eigenschaften dieses Stoffes, von seiner Dichte, seinem Bewegungszustande, seiner Leitungsfähigkeit u. s. w. abhängig sind.

Finden sich aber jemals bei irgend welchem Specialproblem der Gravitation solche Grössen, die von einem Zwischenstoffe abhängig sind, so tritt dieser Stoff nie als ein für das Eintreten der Wirkung nothwendiger, sondern als ein hemmender auf. Das „Medium“ ist kein vermittelndes, sondern ein „widerstehendes“, und wenn man es dadurch eliminirt, dass man gewisse Constanten gleich Null setzt, so wird nicht etwa auch die Wirkung gleich Null, sondern sie erreicht im Gegentheil ein relatives Maximum!

Sodann könnte ich mich wohl auf manche Autoren[1]) berufen, die mit mir einer Meinung sind. Um aber nicht zu weitläufig zu werden, will ich bei dem Namen du Bois-Reymond stehen bleiben und einerseits an den Satz von Emil du Bois-Reymond erinnern: „Durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte sind ... den Naturforschern eine geläufige Vorstellung geworden"; andererseits an eine Stelle von Paul du Bois-Reymond selbst, worin er die „Unabhängigkeit der Fernkraft von drittem Vorhandenen"[2]) als ihre sechste „klassische Eigenschaft" ausdrücklich hervorhebt.

Nehme ich nun als erstes Vorhandenes etwa die Erde, als zweites Vorhandenes jenes oben erwähnte Pendel, so besteht die sechste klassische Eigenschaft der Gravitation darin, dass die Anziehung der Erde das schwingende Pendel in Bewegung erhält „unabhängig von drittem Vorhandenen". Wäre zu dieser Wirkung aber noch das Vorhandensein eines „Stoffes" zwischen dem ersten und zweiten Gehäuse nöthig, so wäre dieser Stoff (da er doch weder Erde noch Pendel ist) offenbar etwas „drittes", und die Fernkraft wäre von „drittem Vorhandenen" nicht mehr unabhängig.

Es besteht demnach zwischen den Aussagen des Herrn Paul du Bois-Reymond über die Eigenschaften der Fernkraft ein Widerspruch. — Dieser würde nicht ganz so deutlich hervorgetreten sein, wenn an der (eben beigezogenen) Stelle, wo die sechste Eigenschaft zum zweiten Male Erwähnung findet, der gleiche Ausdruck gebraucht worden wäre, wie bei der ersten Erwähnung. Dort hiess es nämlich[3]): „Die Kraft ist von der Anwesenheit anderer Körper im Raume, welches deren Grösse, Substanz ... sein möge, unabhängig."

---

1) So wählte z. B. vor kurzem Prof. Hertz zur Darlegung der in Rede stehenden Ansicht bei Gelegenheit seiner auf der Heidelberger Naturforscherversammlung gehaltenen Rede ein sehr bezeichnendes Bild, indem er sagte: „Faraday wurde gelehrt, dass die Kräfte den Raum einfach überspringen etc."

2) l. c. S. 8.

3) l. c. S. 6.

Von dieser Stelle könnte man, obschon es gesucht klingen würde, vielleicht noch sagen, dass sie der Behauptung, die Kraft sei von dem Vorhandensein jenes raumerfüllenden „wirkenden Stoffes“ unabhängig, nicht direkt widerspreche, denn dieser „Stoff“ sei vielleicht nach der Ansicht des Verf. noch kein „Körper“[1]). Allein der späteren Stelle gegenüber, wo allgemein von „drittem Vorhandenen“ die Rede ist, versagt diese Distinktion völlig, und der Widerspruch bleibt unbehoben. —

Nun mögen wohl auch Autoren aufzufinden sein, die mit Herrn Paul du Bois-Reymond darin übereinstimmen, dass das sogenannte „tiefschwarze Vakuum“ die Wirkung der Gravitation aufhalte. Allein ich glaube nicht, dass diese dann die Gravitation noch als eine Fernkraft betrachten und erklären: „Nach der Vorstellung, welche wir von dem Wesen der Fernkraft uns gebildet haben, können ... absolute Vakua ihre Wirkung aufhalten.“

Sollten indessen dergleichen Aussprüche wider Erwarten dennoch nachgewiesen werden können, so muss ich sagen, sie sind ungereimt; denn — und damit komme ich zu meiner zweiten Frage — es ist unvernünftig, logisch unzulässig, von der Fernkraft so etwas zu behaupten!

Wenn der Körper *A* von irgend einer Kraft irgend eine Wirkung erfährt, und „das Wirkende“ befindet sich „überall im Raume“, so befindet es sich auch dicht bei dem Körper *A*. Wie kann man diese Wirkung dann noch eine Fernwirkung nennen? — Mag immerhin bei dem betreffenden Akt noch ein zweiter, weit entfernter Körper *B* betheiligt, und mag jenes „Wirkende“ diesem Körper *B* als „sein Wirkendes“, wie es von Paul du Bois-Reymond geschieht, auf eine geheimnissvolle Weise zugeordnet sein: jedenfalls ist das Wirkende der Stelle nicht fern, wo die Wirkung ausgeübt wird, und die Kraft, die dabei ins Spiel kommt, ist ebenso-

1) Insofern man nämlich den Körper definirt als eine begrenzte Menge von Materie oder Stoff.

wenig eine echte Fernkraft, wie die bekannten Pseudo-Fernkräfte, durch welche man die Rohrpost treibt oder Thurmglocken läutet.

Von einer wirklichen *actio in distans* kann durchaus keine Rede sein, wenn das Wirkende überall im Raume vorhanden ist. —

Wäre also in der That das die allgemein durchgedrungene Ansicht, was Paul du Bois-Reymond als solche hinstellt, dann würde die echte Fernkraft aus der Wissenschaft schon beseitigt gewesen sein vor Veröffentlichung seines Vortrags. Und worin besteht in diesem Falle das Verdienst des letzteren? — Einfach darin, dass durch ihn die Fernkraft, die „unbegreifliche", die „unvorstellbare", in die Physik wieder hineingeführt wird. Oder ist es nicht so?

Früher, sagt Herr Paul du Bois-Reymond, war man der Ansicht, „überall im Raume" sei „das Wirkende", worunter ein „Stoff" zu verstehen ist, ausgebreitet; jetzt aber sollen wir annehmen, es gebe nur bewegliche Mittelpunkte von „überall im Raume vorhandenen . . . Wirkungen, also Wirkungssphären."

Da haben wir den Ersatz! — Das Wirkende, der Stoff ist weg; der Punkt, die Sphäre, die Raumkugel ist geblieben. Statt der Physik haben wir die Stereometrie. — Diese Gebilde können sich nun natürlich „mit ihren Mittelpunkten fortbewegen, und zwar durcheinander durch, ohne sich gegenseitig im geringsten zu beeinflussen." Der Raum ist ja leer! Wenn auch in jedem Augenblick durch jeden Punkt soviele Kugelflächen hindurchgehen, als Atome in der Welt existiren, physikalisch ist und bleibt der Raum leer. —

Aber wie? Sollte Herr Paul du Bois-Reymond den Raum denn wirklich physikalisch leer gemacht und gelassen haben, da er doch S. 10 ausdrücklich erklärt: „Wir werden später zu einer Ansicht über die wahrscheinliche Natur der Fernkräfte geleitet werden, welche physikalisch das absolute Vakuum ausschliesst"?

Angesichts dieser Vorankündigung müsste man denken, dass nach Ansicht des Vortragenden sein Raum, in welchem ja noch Mittelpunkte, Kraftrichtungen, Wirkungssphären u. s. w. vorhanden sind, kein physikalisch leerer Raum sei. — Dem steht aber die Stelle auf S. 9 entgegen, wo es heisst: „... wenn wir den Raum von allem darin enthaltenen Stoff entleeren könnten, dann würde dort ein ... absolutes Vakuum[1]) übrig bleiben." Eine Entleerung von Punkten und Wirkungssphären ist dazu also nicht nöthig; und da auf S. 36 und 37 die Substanz, der Stoff, das Atom „als gänzlich überflüssig ausser Dienst gestellt worden" ist, so ist zur Erzeugung des absoluten Vakuums offenbar genug geschehen.

Noch ein Einwurf wäre möglich. Auf S. 19 heisst es nämlich in einem Bedingungssatze, dass gewisse „geometrische Punkte" den „sich anziehenden Stofftheilchen gleichwerthig" erscheinen könnten.

Hier kann aber, wenn ich so sagen darf, nur eine kraftliche, keine stoffliche, auf die Ausfüllung des Raumes bezügliche Gleichwerthigkeit gemeint sein; denn einige Zeilen vorher ist betont worden, dass die beim Versuch einer Erklärung der Gravitation durch Zug und Druck nothwendigen Verbindungen, sobald die Körper sich bewegen, einander durchdringen müssten, „wie in der Idee geometrische Gebilde sich ungehindert durchsetzen. Dies wäre jedoch bei der vorausgesetzten Stetigkeit der Verbindungen stofflich undenkbar." — Soll also die von Paul du Bois-Reymond selbst proponirte Durcheinanderbewegung der „Wirkungssphären" denkbar bleiben, so muss offenbar bei ihnen, wie es auch geschehen ist, der „Stoff" fortfallen und darf selbstverständlich auch nicht durch ein in Bezug auf Raumerfüllung ihm „gleichwerthiges" Etwas ersetzt werden.

Wir gelangen also zu dem Schlusse, dass Herr Paul du Bois-Reymond den Physikern statt der seiner Meinung nach bei ihnen vorherrschenden Anschauung, wonach die

1) Also doch wohl ein „physikalisch leerer Raum".

Gravitation keine wirkliche *actio in distans* war, die seinige darbietet, wonach sie eine solche ist, eine echte, durch den leeren Raum und ohne jede Vermittelung wirkende, eingestandenermassen gänzlich unvorstellbare Fernkraft.

16. Ich komme nunmehr zum zweiten Punkte, nämlich zu dem Verhältniss zwischen den Anschauungen Paul du Bois-Reymond's und der Gravitationstheorie Zöllner's. Der Erstere äussert sich nämlich über die letztere (S. 12) folgendermassen: „Es ist äusserst wahrscheinlich, dass es mit der Fernkraft eine ähnliche Bewandtniss, wie mit den angeführten Beispielen (Gleichungen 5. Grades, Quadratur des Kreises, Perpetuum mobile) hat, um so mehr, als ein Kennzeichnendes für die Unlösbarkeit eines Problems die schliesslich ganz verzweifelten Anstrengungen der Forschung, die geradezu extravaganten Hülfsmittel sind, zu denen sie ihre Zuflucht nimmt, wohin... Zöllner's durch Lust und Unlust bewegte Atome gehören." —

Die Ansicht, dass Zöllner's Theorie „extravagant" sei, theile ich vollständig, und ich habe meine Gründe dafür an geeigneter Stelle[1]) ausführlich dargelegt. Worin besteht aber diese Extravaganz?

Das ist leicht zu sehen, wenn man die Behauptungen Zöllner's in zwei wesentlich von einander verschiedene Sätze trennt, von denen der erste lautet: Die Atome besitzen Empfindung (Lust und Unlust), Streben, Willen, überhaupt psychische Kräfte; der zweite: Die Atome reichen mit diesem ihrem Empfinden und Streben und Wirken in die Ferne.

„Der erste, so heisst es S. 19 meiner eben citirten Schrift, enthält eine schon alte Lehre. Seit Maupertuis 1751 die sensitiven Atome eingeführt hat, sind dieselben aus dem Gesichtskreise der Philosophen gar nicht mehr verschwunden. Eine interessante Entwickelung des Gedankens, dass die Empfindung eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei,

1) Räthsel von der Schwerkraft, 2. Kapitel.

findet sich z. B. in der berühmten Abhandlung Diderot's: »*Entretien entre D'Alembert et Diderot*«."

Ich finde den ersten Satz insofern nicht extravagant, als er das Gebiet derjenigen Kräfte und Vermögen nicht überschreitet, welche ich selbst besitze, und von denen ich daher auch eine deutliche Vorstellung habe. Der zweite Satz aber überschreitet dieses Gebiet thatsächlich, er attribuirt, wie ich damals schon sagte, „den Atomen übermenschliche Qualitäten" und ist daher entschieden extravagant. Ich kann nicht in die Ferne wirken, kein einziger von meinen Sinnen reicht in die Ferne, selbst Auge und Ohr nicht, und ebenso wenig vermag es mein Wille, vermag es irgend eine von meinen Leibes- und Geistes-Kräften. Darum ist mir die echte Fernkraft etwas Unvorstellbares, Fremdes, Extravagantes.

Wie stellt sich dazu nun die Lehre Paul du Bois-Reymond's? — Den ersten, in alter und neuer Zeit acceptirten Satz lässt er aus, den zweiten, den eigentlich extravaganten, stellt er, wenigstens mit Bezug auf das Wirken, in aller Bestimmtheit und mit vollem Bewusstsein von der Tragweite der Sache genau ebenso auf, wie Zöllner auch. Deshalb kann, däucht mir, der dem Letzteren gemachte Vorwurf dem Ersteren nicht erspart bleiben.

Aber ich gehe noch weiter und sage: es scheint weniger extravagant, beide Sätze mit Zöllner zu kombiniren, als mit Paul du Bois-Reymond den zweiten ohne den ersten hinzustellen, und zwar aus folgenden Gründen:

Ich fasse ein Atom *A* ins Auge, welches nach dem zweiten Satze Zöllner's das beliebig weit entfernte Atom *B* ohne irgend welche Vermittelung anzieht. Wären *A* und *B* Menschen und zwischen beiden ein Seil ausgespannt, so würde es eine durchaus vorstellbare Sache sein, dass *B* von *A* angezogen wird. Die Extravaganz liegt bei den Atomen nur darin, dass sie es ohne Seil auch können. — Jetzt nehme ich an, der Mensch *B* bringe es fertig, trotz des ziehenden Seiles sich von *A* um eine kleine Strecke zu entfernen (wie das die Atome bekanntlich unter Umständen sehr wohl können).

In diesem Falle fällt es gar nicht schwer sich vorzustellen, dass *A* diese Abstandsvergrösserung auf irgend eine Weise empfunden habe und dadurch veranlasst worden sei, entsprechend dem bekannten Gesetz mit der anziehenden Kraft etwas nachzulassen.

Kehre ich nun wieder zu den Atomen *A* und *B* zurück, versuche hier dasselbe Experiment und theile zugleich dem Atom *A* Empfindungsvermögen zu, so bleibt der Vorgang so anschaulich wie vorhin — bis auf die „Extravaganz" des zweiten Satzes. Sobald ich aber dem Atom *A* das Empfindungsvermögen abspreche, kommt eine ganz neue Extravaganz hinzu. Denn nun soll dieses Atom die Stärke seiner Zugkraft verändern, und zwar in jedem einzelnen Falle genau richtig verändern, ohne zu dieser Veränderung überhaupt einen Anlass, geschweige das bestimmte Mass kennen gelernt zu haben. So etwas würde der Mensch *A* nie und nimmer fertig bringen. Das Atom *A* aber kann es, behauptet Paul du Bois-Reymond, wenn er empfindungslose Atome *in distans* und in genauer Nachachtung der Newton'schen Formel ziehen lässt.

Darum erscheint mir diese Theorie doppelt extravagant, die Zöllner'sche nur einfach.

17. Als dritten und letzten nunmehr noch zu besprechenden Punkt habe ich das Verhältniss der Paul du Bois-Reymond'schen Theorie zu der Ansicht hingestellt, welche Newton in späteren Lebensjahren vertrat. Anlass zu dieser Besprechung bietet eine Reihe von Sätzen philosophischen Inhaltes, mit welchen der hier behandelte Vortrag abschliesst. Dort heisst es[1]): „Unser Denken bewegt sich in einem scharf abgegrenzten Gebiete. Wir können uns der Überzeugung nicht verschliessen, dass die Vorstellungen und Begriffe, aus deren Filiation unser Denken besteht, lediglich aus dem Gebiete der sinnlichen Wahrnehmungen stammen . . . Unser Vorstellungs- und Begriffssystem ist den Wahrnehmungen so

1) l. c. S. 37.

zugeordnet, dass kein Individuum ausserhalb fällt. Die Frage nun, ob unser Wahrnehmungssystem der Wirklichkeit ganz entspricht, und ob nicht die Wirklichkeit ganz oder zum Theil unseren Wahrnehmungen unzugänglich bleibt und bleiben wird, sehen wir uns gezwungen bejahend zu beantworten. Den Beweis hierfür schöpft man aus den Vorstellungsgrenzen und sonstigen Denkergebnissen, die uns ihrer Natur nach nie werden befriedigen können, zu denen auch das fernwirkende Atom gehört. Die Fernkraft gehört eben dem Transphänomenalen an und nicht dem Vorstellungs- und Begriffsgebiete des menschlichen Denkens. Sie liegt ausserhalb des menschlich Denkbaren . . . Das überwältigende Interesse (der Unbegreiflichkeit der Fernkraft) besteht darin, dass sie ein untrügliches Zeugniss ablegt von dem Vorhandensein einer Wirklichkeit, die unserer Erkenntniss gänzlich entzogen ist . . Muss es nicht unsere Zuversicht zu der Genauigkeit unserer Schlüsse befestigen, wenn wir nach allen Anstrengungen, die gemacht wurden die Schwerkraft zu begreifen, ohne den leichtesten Hoffnungsschimmer uns zurückgedrängt sehen zu Newton's letzter Anschauung, mit der auch er den von ihm geschaffenen Kraftbegriff . . . damit abschloss, dass er die *causa simplicissima* der Gravitationserscheinungen sei?" —

Offenbar hat das unbedingte Vertrauen auf die Stringenz seines Ignorabimus-Beweises den Verfasser zu diesen metaphysischen Schlüssen ermuthigt. Ich meinerseits vermag aus den im Früheren entwickelten Gründen das „untrügliche Zeugniss" als solches nicht anzuerkennen, will aber trotzdem jetzt, am Schlusse des Schlusses, einmal den Fall setzen, der Beweis sei stringent, das Zeugniss sei untrüglich, die mechanische Konstruktion und damit auch die Vorstellbarkeit der Fernkraft sei absolut hoffnungslos, das Vorhandensein einer Wirklichkeit, welche unserer Erkenntniss gänzlich entzogen ist, könne fürder nicht mehr geleugnet werden: wären denn damit die Paul du Bois-Reymond'schen Sätze über die Fernkraft der Atome endlich bewiesen? —

Nein, immer noch nicht! Dazu würde sich vielmehr ge-

hören, dass eine andere, auch noch vorhandene Möglichkeit erst beseitigt würde, eine Möglichkeit überdies, die man mit gutem Grunde als „Newton's letzte Anschauung" bezeichnen darf, und die von den Sätzen, zu welchen Herr Paul du Bois-Reymond sich „zurückgedrängt sieht", sehr wesentlich abweicht.

Bei den Schwankungen übrigens, die sich in Newton's Ansichten über die Ursache der Schwerkraft während seines langen Lebens bemerklich gemacht haben[1]), dürfte es kaum angehen, irgend eine unter ihnen mit aller Bestimmtheit als die letzte zu bezeichnen. Darauf kommt es aber ja auch gar nicht an, sondern lediglich auf die Thatsache, dass Newton noch in späterer Lebenszeit einem Gedanken Ausdruck gegeben hat, welcher gegen die von Zöllner, Paul du Bois-Reymond und Anderen aufgestellte Theorie in Konkurrenz tritt.

Dieser Gedanke ist folgender: Zugegeben, es gehe bei den Gravitationserscheinungen nicht mit richtigen, d. h. menschlich vorstellbaren Dingen zu. Dann kommen wir an der Annahme übermenschlicher Kräfte natürlich nicht vorbei. Muss man nun aber gleich unermesslich viele Wesen, nämlich die sämmtlichen Atome des Himmels und der Erde damit ausrüsten, um zum Ziele zu gelangen? Ist es nöthig zu behaupten, dass jedes einzelne unter ihnen alle übrigen noch so weit entfernten ohne irgend welches Hülfsmittel anziehe, und dabei überdies noch seine Zugkraft von Moment zu Moment verändere, genau entsprechend der negativen zweiten Potenz der Entfernung? —

Nein! nöthig ist es nicht; nach der Idee Newton's reicht man mit geringeren Mitteln aus; denn ein einziges Wesen, welches alle Atome nach strengem Gesetz ihre Bahnen beschreiben lässt, genügt dem Zwecke auch.

---

1) Eine ausführliche Darlegung derselben habe ich im 1. Kapitel meines „Räthsels" gegeben.

Von den Newton'schen Aeusserungen, in welchen solche Gedanken enthalten sind, habe ich im ersten Kapitel meines Räthsels ausführlich gesprochen; hier mögen nur ein paar prägnante Worte wiederholt werden.

Bezüglich einer Stelle bei Bentley, wo es hiess: „Wenn sich nun aber zeigen lässt, dass wirklich eine solche Schwerkraft existirt, welche nicht der Materie als solcher zugeschrieben werden kann, und welche in der Konstitution des Weltgebäudes wirksam ist? — Dies würde ein neues, unwiderlegliches Argument für das Dasein eines göttlichen Wesens sein, indem es ein direkter und positiver Beweis dafür ist, dass ein immaterieller lebender Geist die todte Materie lenkt und beeinflusst und das Weltgebäude erhält," äussert sich Newton in einem an den Verfasser gerichteten Briefe folgendermassen: „*The last clause of the second position I like very well.*" Dann fährt er fort: „Es ist unbegreiflich, wie unbeseelte rohe Materie ohne die Vermittelung von sonst etwas, das nicht materiell ist, auf andere Materie ohne Berührung wirken könne."

In dieser Stelle zeigt sich schon, dass Newton etwas vorsichtiger ist, als Bentley. Während dieser sein „lenkendes" Wesen ohne Weiteres mit der Gottheit identificirt, sagt jener nur, es müsse etwas sein, „das nicht materiell ist" — also doch wohl spirituell. In aller Deutlichkeit aber bringt er dieses spirituelle Wesen auf die Bühne am Schlusse seines Hauptwerkes[1]): *Philosophiae naturalis Principia mathematica.* Dort heisst es in einem *Scholium generale* u. a.:

„Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und die Bewegung des Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt, aber ich habe nirgends die Ursache der letzteren angegeben. Diese Kraft rührt von einer Ursache her, welche bis zum Mittelpunkte der Sonne und der Planeten dringt, ohne irgend etwas von ihrer Wirksamkeit zu verlieren . . .

---

1) Die „*Editio ultima*" desselben, von ihm noch mit einer Vorrede versehen, erschien 1723, vier Jahre vor seinem Tode.

Es würde hier der Ort sein, etwas über die geistige Substanz (*de spiritu*[1]) *quodam subtilissimo*) hinzuzufügen, welche alle festen Körper durchdringt und in ihnen enthalten ist. Durch die Kraft und Thätigkeit dieses *spiritus subtilissimus* ziehen sich die Theilchen der Körper ... an" u. s. w.

Man wird also wohl zugeben müssen, dass unter „Newton's letzte Anschauungen" auch die Annahme eines alles durchdringenden und lenkenden *spiritus subtilissimus* gerechnet werden darf, wird ebenfalls zugeben müssen, dass diese Annahme (ich will sie präzisiren unter der Bezeichnung der Bentley-Newton'schen) die Fernkraft der Atome vollständig überflüssig macht, wird also schliesslich auch zugeben müssen, dass selbst ein völlig stringenter Beweis von der mechanischen Unerklärbarkeit der Gravitation immer noch kein „untrügliches Zeugniss" von der Fernkraft der Atome sein würde. Es bliebe vielmehr dann noch die Streitfrage: Bentley-Newton contra Paul du Bois-Reymond und Genossen übrig.

Allein diese steht, wie mir scheint, nicht mehr auf naturwissenschaftlichem Boden. Ich weiss ihr weder mit physikalischen noch mit mathemathischen Gründen beizukommen und überlasse sie daher bereitwillig den Vertretern derjenigen Wissenschaften, welche die Sache näher angeht: den Metaphysikern und Theologen.

---

1) Jeder Versuch, diesen *spiritus* noch als etwas Materielles aufzufassen, würde „Newton's letzte Anschauung" von der Paul du Bois-Reymond's natürlich erst recht entfernen.

Neuer Verlag von B. G. Teubner in Leipzig.

1889.

Abdank-Abakanowicz, Br., die Integraphen. Die Integralkurve und ihre Anwendungen. Deutsch bearbeitet von Emil Bitterli. Mit 130 Figuren im Text. [VIII u. 176 S.] gr. 8. geh. n. *M.* 6.—

Bobek, Dr. Karl, Einleitung in die projektivische Geometrie der Ebene. Ein Lehrbuch für höhere Lehranstalten und für den Selbstunterricht. Nach den Vorträgen des Herrn C. Küpper bearbeitet. [VI u. 210 S.] gr. 8. geh.

Brockmann, F. J., vorm. Oberlehrer am Kgl. Gymnasium zu Cleve, planimetrische Konstruktionsaufgaben. Eine Vorschule zu des Verfassers Materialien. Enthaltend 501 Aufgaben nebst deren Lösungen. [VI u. 103 S.] gr. 8. geh. *M.* 1.50.

——— Versuch einer Methodik zur Lösung planimetrischer Konstruktionsaufgaben. Mit zahlreichen Beispielen. Mit fünf Holzschnitten. [VI u. 111 S.] gr. 8. geh. *M.* 1.50.

Clebsch, Dr. A., weil. Professor in Göttingen. Vorlesungen über Geometrie. Bearbeitet und herausgegeben von Dr. Ferd. Lindemann, Professor an der Universität Königsberg. Zweiter Band. I. Abteilung. gr. 8. geh.

Erscheint demnächst.

Conradt, Dr. F., Oberlehrer am Gymnasium zu Belgard, Lehrbuch der ebenen Trigonometrie in stufenmäßiger Anordnung nebst einer sich eng an dasselbe anschließenden Sammlung von Übungsaufgaben. [VIII u. 176 S.] gr. 8. geh. *M.* 2.40.

Diekmann, Dr. Joseph, Rektor des Realprogymnasiums zu Viersen, Anwendung der Determinanten und Elemente der neuern Algebra. [VIII u. 111 S.] gr. 8. geh. *M.* 1.20.

Gleichen, Dr. A., die Haupterscheinungen der Brechung und Reflexion des Lichtes dargestellt nach neuen Methoden. Mit Figuren im Text. [VI u. 47 S.] gr. 8. geh. n. *M.* 1.60.

Isenkrahe, C., über die Fernkraft und das durch Paul du Bois-Reymond aufgestellte dritte Ignorabimus. gr. 8. geh.

Koenigsberger, Leo (Professor der Mathematik an der Universität Heidelberg), Lehrbuch der Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln. [XVI und 486 S.] gr. 8. geh. *M.* 8.—.

Kraepelin, Prof. Dr. Karl, Direktor des naturhistorischen Museums zu Hamburg, Excursionsflora für Nord- und Mitteldeutschland. Ein Taschenbuch zum Bestimmen der im Gebiete einheimischen und häufiger kultivierten Gefäßpflanzen für

Schüler und Laien. Mit über 400 in den Text gedruckten Holzschnitten. 3. verbesserte Auflage. 8. geh. ℳ 3.—, gebunden ℳ 3.60.

Kraepelin, Prof. Dr. **Karl,** Direktor des naturhistorischen Museums zu Hamburg, Leitfaden für den botanischen Unterricht an mittleren und höheren Schulen. Dritte verb. Auflage. [V u. 107 S.] gr. 8. kart. ℳ 1.—

Lie, Sophus, Professor an der Universität Leipzig, Theorie der Transformationsgruppen. Zweiter Abschnitt (Schluss). gr. 8. geh.
Erscheint demnächst.

Müller Dr. **Hubert,** Oberlehrer am Kaiserlichen Lyceum in Metz, Leitfaden der ebenen Geometrie mit Benutzung neuerer Anschauungsweisen für die Schule. Erster Teil. Erstes Heft: Die geradlinigen Figuren und der Kreis. Mit Übungen. Dritte Auflage. (Mit vielen Holzschnitten im Text und zwei lithographierten Tafeln.) [VIII u. 69 S., sowie 49 S. Übungen.] gr. 8. geh. n. ℳ 1.60.

Särchinger, E., und Dr. **V. Eftel** (Oberlehrer am Gymnasium zu Chemnitz), Aufgabensammlung zum Rechenunterricht in den Unterklassen der Gymnasien.
Einzeln:
I. Heft: Sexta. [82 S.] gr. 8. kart. n. ℳ —.80.
II. Heft: Quinta. [86 S.] gr. 8. kart. n. ℳ —.80.
III. Heft: Quarta. [100 S.] gr. 8. kart. n. ℳ 1.—

Servus, Dr. **H.,** Privat-Docent an der königl. technischen Hochschule zu Charlottenburg und Lehrer am Friedrichs-Realgymnasium zu Berlin, Sammlung von Aufgaben aus der Arithmetik und Algebra für Gymnasien, Realgymnasien und höhere Bürgerschulen. Heft IV (für Ober-Sekunda). gr. 8. kart.

Steinhauser, Anton, k. k. Prof. in Wien, die Lehre von der Aufstellung empirischer Formeln, mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate für Mathematiker, Physiker, Techniker bearb. Mit 15 Figuren. [VI u. 292 S.] gr. 8. geh. n. ℳ 8.—

Study, E., Privatdocent der Mathematik an der Universität Marburg, Methoden zur Theorie der ternären Formen. Im Zusammenhang mit Untersuchungen Anderer dargestellt. [XII u. 210 S.] gr. 8. geh. n. ℳ 6.—

Weiler, Dr. **A.,** in Zürich, neue Behandlung der Parallelprojektionen und der Axonometrie. Mit 100 Figuren im Text. [VIII u. 209 S.] gr. 8. geh. n. ℳ 6.—

Wünsche, Dr. **Otto,** Oberlehrer am Gymnasium zu Zwickau, Schulflora von Deutschland. Ein botanisches Übungsbuch. I. Teil. Die niederen Pflanzen. [IV u. 435 S.] 8. geh. n. ℳ 4.—, gebunden in biegsamen Leinwandband n. ℳ 4.60.

——— ——— (II. Teil.) Die höheren Pflanzen. Fünfte, umgearbeitete Auflage. [LXVI u. 430 S.] 8. geh. n. ℳ 4.—, gebunden in biegsamen Leinwandband n. ℳ 4.60.

QC 178 .I84 1869 C.1
Uber die Fernkraft und das dur
Stanford University Libraries
3 6105 040 436 490

DATE DUE			

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004